

СЕРІЯ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ОСВІТА:
ЕНЕРГЕТИКА, ДОВКІЛЛЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В. А. Маляренко

ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ЭКОЛОГИЮ ЭНЕРГЕТИКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Харьков
Издательство САГА
2008**

УДК 625.311:502.5
М21

Рекомендовано Ученым Советом
Харьковской национальной академии городского хозяйства
(Протокол № 3 от 29 декабря 2000 г.)

Рецензенты:

заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции
и ТГВ Харьковского государственного университета
строительства и архитектуры
д. т. н., профессор А. Ф. Редько

заведующий кафедрой электрических станций
Национального технического университета «ХПИ»,
профессор В. У. Кизилов

Маляренко В. А.

М21 Введение в инженерную экологию энергетики. Учебное
пособие. – Второе издание– Х.: Издательство САГА, 2008. – 185
с. з ил.
ISBN 978-966-2918-63-2.

Изложены общие сведения об энергетике, ее роли в жизни
человечества, состоянии и перспективах развития топливно-
энергетического комплекса, базовых и альтернативных источниках
энергии.

Рассмотрены основные аспекты взаимодействия энергетических
объектов и окружающей среды, а также главные направления
уменьшения негативного воздействия энергетики на экологию, в
том числе, такие как энергосбережение, энергетический аудит и
менеджмент.

Для студентов, аспирантов, преподавателей, научных и инже-
нерно-технических работников.

ISBN 978-966-2918-63-2

© Маляренко В. А., 2008
© Издательство САГА, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

С момента выхода в свет первого издания [1] прошло почти десять лет. Автор долго раздумывал: стоит ли публиковать то, что было написано на пороге третьего тысячелетия? Может быть, следует исправить, внести соответствующие дополнения? Однако, при более детальном размышлении, пришел к выводу: пусть все останется так, как данная проблема виделась в то время. Тем более, что за прошедшие годы ситуация во взаимоотношениях «энергетика-экология» не изменилась к лучшему. Мало того, она обострилась и приняла ещё более угрожающий характер.

В чём же причины? Отметим лишь главные из них. С одной стороны, резкий рост количества энергии, производимой странами «третьего мира», в первую очередь, такими как Китай и Индия, растущая глобализация и нежелание «цивилизованного мира» делиться с развивающимися странами «благами цивилизации», основой которых является энергетика, энергопроизводство и энергоснабжение. С другой, ограниченность углеводородного сырья, постоянный рост цен на первичные энергетические ресурсы, такие как нефть, природный газ и, как следствие, на конечные энергоресурсы – электрическую и тепловую энергию. И все это в условиях функционирования энергетических систем, установок и оборудования, которые нуждаются не только в совершенствовании и модернизации, но и в поиске новых альтернативных энерготехнологических решений.

Не менее важную роль играет недостаточно активная пропаганда знаний в области производства и потребления энергии, а также разъяснение связанных с этим негативных экологических последствий. К сожалению, приходится констатировать отсутствие должной экологической культуры у основной массы потребителей энергии, в том числе, у значительной части лиц, облеченных властью, материальными и финансовыми ресурсами, осознание того бес-

спорного факта, что «терпение природы» не безгранично: человечество фактически подошло к грани, за которой последствия техногенной деятельности и воздействия на экологию могут принять необратимый характер.

Развитие современного техногеоза связано с ростом народонаселения, экономики и, особенно, энергетики. Цивилизация активно влияет на атмосферу, выжигая свободный кислород, производя и выделяя огромные количества «парниковых» газов, в частности, CO_2 при употреблении первичного органического топлива. Для того, чтобы осознать масштабы этого влияния, достаточно отметить следующий факт. Если в 1900 году всей мировой экономикой было сожжено примерно $4 \cdot 10^{11}$ кг угля и нефти, то в течении XX века потребление углеводородного топлива возросло более, чем в 30 раз и к концу столетия превысило $12 \cdot 10^{12}$ кг в год.

И это при том, что коэффициент полезного действия большинства энерготехнологий не превышает 30–40 %. Как следствие, значительная часть энергии и энтропии энергетических производств поставляется в окружающую природную среду. В результате нарушается равновесие планеты как термодинамической системы, сложившееся на протяжении предшествующих десятков тысяч лет, в которую вносится беспорядок и хаос за счет уменьшения свободной энергии и увеличения энтропии.

Таким образом, если вернуться к содержанию первого издания «Введения в инженерную экологию энергетики», то оно ни в коей мере не устарело: все затронутые вопросы остались такими же актуальными и злободневными.

Несколько слов о предыстории написания данной работы. Первая редакция книги предполагалась как конспект лекций базового курса «Энергетика и экология» в рамках совместного проекта Европейского Сообщества TEMPUS–TACIS Joint European Project T JEP-10485–98 «Environment and Energy», который выполнялся Харьковской национальной академией городского хозяйства (Украина) совместно с Политехническим университетом г. Вааса (Финляндия) и университетом Аберти г. Данди (Великобритания, Шотландия).

Результатом явилась разработка единых учебных программ подготовки студентов технических вузов в направлении «Энергетика и

экология», адаптируемых к условиям Украины и стран ЕС. С целью их практической реализации в учебном процессе стран – участников проекта был разработан и опубликован ряд учебных пособий для студентов и аспирантов специальностей «Энергетика» и «Экология и охрана окружающей среды» [2–7].

Цель, поставленная в проекте, была достигнута и, казалось, на этом можно было поставить точку. Однако, важность рассматриваемой проблемы и отсутствие в Украине достаточного количества научной и учебной литературы, посвященной этой проблеме, заставили автора как самостоятельно, так и совместно с коллегами, вновь и вновь возвращаться к ней. Результатом явились опубликованные в последние годы монографии, учебники, учебные пособия и статьи, в которых в той или иной мере затронуты и рассмотрены экологические аспекты энергетики и энергетические аспекты экологии [70–90].

Итогом проведенной работы явилось издание по инициативе «Издательства САГА» и Центра энергосберегающих технологий ХНАГХ научно – технической серии «Энергетика. Довкілля. Енергозбереження».

В данную серию для общего ознакомления с рассматриваемой проблемой вошло и предлагаемое вниманию читателя второе издание «Введения в инженерную экологию энергетики», минимально переработанное и дополненное, главным образом, фактическим материалом, характеризующим состоянием мировой энергетики и Украины, в частности, после 2000 года [63–66, 91–93].

Основные экологические аспекты энергетики и энергетические аспекты экологии, затронутые в данном издании, более детально рассмотрены в указанных выше работах, в том числе, предлагаемых серией «Энергетика. Довкілля. Енергозбереження».

Со всеми вопросами, предложениями и пожеланиями просьба обращаться по адресу:

г. Харьков, ул. Бакулина, 11, к.5–34;
Тел/факс (057) 7–195–288; 7–544–620;
E-mail: vstragev@rambler.ua; algol1980@yandex.ru;
E-mail: malyarenko@ksame.kharkov.ua;
<http://www.ksame.kharkov.ua/>

ВВЕДЕНИЕ

*«... настоящее время термин
«Экология» породил «экологизацию» со-
временных научных дисциплин и стал
неотъемной частью нашей жизни».*

В. Кормилицин

«Тепловое загрязнение» планеты, «парниковый эффект», «кислородное голодание», кислотные дожди, истощение озонового слоя, масштабные загрязнения токсичными химическими веществами и радионуклидами, быстрое сокращение биологического разнообразия – вот далеко не полный набор бедствий, которыми человечество расплачивается за представленный цивилизацией комфорт. В основе этого комфорта и всех связанных с ним негативных последствий лежит, в первую очередь, производство и использование энергии, преобразование ее из одной формы в другую, реализуемое объектами топливно-энергетического комплекса.

На современном этапе развития человечества проблема взаимодействия энергетики и окружающей среды приобретает новые черты, распространяя влияние на огромные территории, большинство рек и озер, громадные объемы атмосферы и гидросферы Земли. Еще более значительные масштабы развития энергоснабжения и энергопотребления в обозримом будущем предопределяют дальнейший интенсивный рост их разнообразных воздействий на все компоненты окружающей природной среды в глобальном масштабе.

С развитием атомной энергетики возникли принципиально новые проблемы взаимодействия энергетики с окружающей средой. Конец XX века ознаменован энергетической катастрофой планетарного масштаба – аварией на Чернобыльской АЭС, которая, пожа-

луй, впервые заставила человечество задуматься: «Куда ведет мир погоня за Энергией? Где предел все возрастающей погони за первичными энергоресурсами и постоянного наращивания энергетических мощностей, их воздействия на окружающую среду?»

К сожалению, в последнее время это взаимодействие стало приобретать угрожающий характер. Научно-техническая революция, ставшая возможной в результате великих открытий в биологии, химии, физике и многих других науках, намного расширила возможности интенсивного использования природных ресурсов. В то же время она усложнила и все более возрастающими темпами продолжает усложнять взаимодействие Человека с окружающей средой, внося заметные и непредвиденные изменения в экологические системы, в регуляцию биосферы в целом.

Биолог Н. Реймерс утверждает: «Нас (человечество) сейчас отделяет от тепловой смерти лишь один порядок величин. Будем использовать в 10 раз больше энергии, чем сейчас, погибнем». В последние годы ученые мира со все большим беспокойством говорят о повышении концентрации CO_2 в атмосфере, следствием чего является «парниковый эффект» – повышение температуры Земли.

Если эти опасения подтвердятся, человечеству в не таком уж отдаленном будущем придется резко ограничить потребление углеродосодержащих топлив. Кроме выбросов CO_2 , топливосжигающие и теплоэнергетические установки производят тепловые (выбросы нагретой воды и газов) и химические (оксиды серы и азота) загрязнения, золу и сажу, которые с увеличением масштаба производства также создают серьезные проблемы. Исключить эти выбросы или хотя бы свести к минимуму можно только на основе глубокого понимания процессов преобразования энергии на всех этапах цепи «источник – потребитель», начиная с добычи первичных энергоресурсов и заканчивая использованием энергии в ее конечном виде. Фактически экология поставила человечество перед необходимостью перехода к «безотходному» энергопроизводству.

Другой важнейшей стороной проблемы взаимодействия энергетики и окружающей среды в новых условиях является определяющая роль природной среды в решении практических задач энергоснабжения (выбора типа энергетических установок, дислокации

предприятий, единичных мощностей энергетического оборудования и энергоресурсов, учет их влияния на окружающую среду, применение энергосберегающих технологий и мероприятий и др).

Как видим, проблема взаимодействия энергетики и окружающей среды является весьма многосторонней. Она находится в авангарде научно-технической мысли и требует к себе особого внимания. Сложившаяся на границе тысячелетий ситуация может рассматриваться как предельно конфликтная с окружающей природной средой. Поэтому экологические аспекты энергетики и энергетические аспекты экологии, принципы взаимозависимости и гармонии человека и природы, должны учитываться на всех этапах научно-технического прогресса. Отсюда следует прямая связь экологии с хозяйственной деятельностью человека, особенно с такими масштабными производствами как энергетика, топливно- и ресурсодобывающие комплексы, транспорт, сельское хозяйство и др. Именно экология призвана стать основой оптимизации взаимоотношений хозяйственной деятельности человека с биосферой, а экологические занятия – насущной необходимостью сегодняшнего дня.

Специфика современной экологии заключается в том, что из строго биологической науки она превратилась в цикл знаний, выбравших в себя, по сути дела, разделы всех известных научных дисциплин. Появились новые научно-практические дисциплины на стыке экологии и сферы практической деятельности человека, объединенные термином «прикладная экология». Изучение взаимодействия процесса общественного производства с окружающей средой привело к развитию нового научного направления на стыке технических, естественных и социальных наук, называемого инженерной экологией. Важной особенностью инженерно-экологических исследований является их прикладной характер. Экология здесь является теоретической базой, устанавливающей ограничения на параметры производства, а инженерные дисциплины – базой реализации технических решений по данному производству для выполнения экологических ограничений.

Таким образом, прикладная (инженерная) экология в отличие от всех других научных дисциплин, изучающих взаимодействие общества с природой, базируется на полном и глубоком знании технологии производства. Это в полной мере относится к ее отраслевым состав-

ляющим, в частности, к инженерной экологии энергетики, введение в которую и является предметом данного учебного пособия.

В настоящее время возросла потребность в специалистах энергетического и экологического профиля, обладающих соответствующим объемом знаний воспитанных и обученных с учетом новых подходов к решению экологических проблем энергетики. Последнее, в свою очередь, возможно лишь при условии наличия соответствующих учебников и учебных пособий.

Настоящее учебное пособие содержит информацию о роли энергетики в жизни человечества, состоянии и перспективах развития топливно-энергетического комплекса, традиционных и альтернативных источниках энергии. Рассмотрены главные аспекты взаимодействия объектов энергетики и окружающей среды, а также основные направления уменьшения возможных негативных последствий, в первую очередь, такие основополагающие, как энергосбережение, энергетический аудит и менеджмент.

При написании настоящего учебного пособия использован отечественный и зарубежный опыт преподавания энерго- экологических дисциплин, в том числе, с учетом тенденций и направлений развития энергетики на современном этапе как в Украине, так и в передовых странах Западной Европы.

Учебное пособие подготовлено при частичной поддержке Европейского союза в рамках образовательного проекта TEMPUS-TACIS.

Master's Degree Programme

TEMPUS-TACIS Joint European
Project TJEP-10485-98
«Environment and Energy»

Learning Modules Outlines

Reference: EE42011¹

Title: INTRODUCTION TO THE ENVIRONMENTAL
ENGINEERING & MANAGEMENT FOR ENERGY

¹ Optional; letters «EE» mean «Environment and Energy», the first digit means year of studying, the second digit - number of credits, the next two digits – the order number of the module in the Decree Programme: the last digit means

Level:	B. Sc.
Description:	The module is a part of the bachelor degree program «Environmental Engineering and Management» which precedes the master's degree program «Environmental Engineering and Management in Energy Production» leading on from the bachelor/specialist (engineer) degree for environmental, civil and power engineers at the Kharkiv State Academy of Municipal Economy. The module is 2 European Credit Units (ECU) ² in length
Aims:	<p>To get understood energy fundamentals of the existing of life and human civilisation on the Earth</p> <p>To understand basic terms in power engineering, laws, ways and chains of energy transformation</p> <p>To apply a systems approach to examination of the Environment – Power Engineering interactions</p> <p>To equip students with knowledge of traditional and non-traditional, renewable and non-renewable energy sources</p> <p>To provide a basis for further development of integrated utilising primary and secondary energy sources</p>
Learning outcomes:	<p><i>On completing the module, the student will be able to:</i></p> <p>demonstrate an awareness of energy related environmental situation in a global, regional, and local context.</p> <p>understand and use basic terms in power engineering.</p> <p>apply a systems approach to examination of the Power Production Impacts on the Environment</p> <p>distinguish between traditional and non-traditional, primary and secondary, renewable and non-renewable energy sources</p> <p>demonstrate an awareness of appropriate ways of utilizing primary and secondary energy sources</p>

Master's Degree Programme

TEMPUS-TACIS Joint European
Project TJEP-10485–98
«Environment and Energy»

Learning Modules Outlines

Module syllabus

Energy and the Earth's future

Energy and Life. Energy and Civilization. Main stages of use of natural energy sources and development of power engineering. Limits of growth. Global aspects of energy production.

Structure and trends in power production development

Basic terms. Chains of energy transformation. The fuel -power engineering complex.

Energy and the Environment: A Systems Approach**Energy sources**

Natural sources. Organic fuel: origin, composition, combustion and its toxic products, environmental aspects.

Traditional energy sources

Energy generating facilities. Heat power stations. Nuclear power stations. Hydraulic power stations. Small power generating facilities. Structure of primary energy sources and energy use. **Environmental aspects of traditional power engineering.** Basic principles. Heat power engineering and the environment. Nuclear power engineering and the environment. Hydraulic power engineering and the environment.

Non-traditional and renewable energy sources

Solar energy. Wind energy. Hydraulic power engineering on small rivers and other watercourses. Bio-energy. Geothermal energy. Secondary renewable energy sources. Environmental aspects of non-traditional power engineering

Energy and the Environmental Situation Energy and the state of the environment in the nation.**An integrated utilising primary and secondary energy sources**

Efficiency of energy use. Improvement of existing energy generating processes and facilities. Searching for more effective ways and facilities of energy transformation. Heat and electric energy production in industry. Prospects in power engineering. Environmental management in power engineering.

РАЗДЕЛ 1.

ЭНЕРГЕТИКА И БУДУЩЕЕ ЗЕМЛИ

«... Мы, разумные существа, не должны забывать, что наша цивилизация – лишь одно из замечательных явлений природы, зависящих от постоянного притока концентрированной энергии солнечного излучения».
Ю. Одум

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1.1. ЭНЕРГИЯ И ЭНЕРГЕТИКА

Энергия [<гр. *enerqia* – деятельность] – общая мера различных видов движения и взаимодействия. В настоящее время известны различные виды энергии: тепловой – движения микрочастиц, составляющих рабочее тело; кинетической – движения самого тела как единого целого (механическая энергия); гравитационного, электрического и магнитного полей; электромагнитного излучения; внутриядерной и др. Одни виды энергии могут превращаться в другие в строго определенных количественных соотношениях, которые устанавливает всеобщий закон сохранения и превращения энергии.

Энергетика – отрасль народного хозяйства, охватывающая производство, преобразование и использование различных форм энергии. В энергетике используются в основном пять видов установок:

- *генерирующие* – преобразующие потенциальную энергию природных энергетических ресурсов в электрическую, тепловую,

механическую или в другой вид энергетического ресурса (например, трубоустановки, газогенерирующие установки, котлы, компрессоры);

- *преобразующие* – изменяющие параметры и другие особенности данного вида энергии (трансформаторные подстанции, выпрямительные и инвенторные электроустановки, трансформаторы тепла и др.);
- *сети* – предназначенные для передачи и распределения энергии (электрические, тепловые, газовые, нефтепроводы, сети сжатого воздуха и др.);
- *аккумулирующие* – предназначенные для частичного регулирования режима производства энергии (электрические и тепловые аккумуляторы, насосно-аккумулирующие гидростанции и др.);
- *потребляющие* – служащие для преобразования энергии к виду, в котором она непосредственно используется (электрический привод машин, отопительные установки, промышленные печи, светильники и др.).

С точки зрения физики процесс производства любой энергии заключается в преобразовании одной ее формы в другую. Поэтому, по содержанию физических процессов, происходящих во всех установках, машинах, аппаратах и устройствах энергетического хозяйства, энергетика может быть названа также и наукой о преобразовании, транспортировке и использовании энергии.

Основными формами, в которых применяется в настоящее время энергия, остаются теплота и электричество. Отрасли энергетики, изучающие их получение, преобразование, транспортировку и использование называются, соответственно, *теплоэнергетикой* и *электроэнергетикой*.

Отрасль энергетики, изучающая закономерности преобразования энергии падающего водяного потока в электрическую, называется *гидроэнергетикой*.

Открытие путей использования энергии атомного ядра создало новую отрасль энергетики – *атомную* или *ядерную энергетику*.

Вопросами использования энергии перемещающихся масс воздуха занимается *ветроэнергетика*.

Каждая из отраслей энергетики как науки имеет свою теоретическую основу, базирующуюся на законах физических явлений в данной области.

Отчетливое понимание единства и эквивалентности разных форм энергии сложилось только к середине девятнадцатого столетия, когда был накоплен достаточно большой опыт преобразования одних форм энергии в другие: создана паровая машина, преобразующая теплоту в механическую энергию; открыты первые источники электрической энергии – гальванические элементы, в которых осуществлялось непосредственное преобразование химической энергии в электрическую; путем электролиза многократно осуществлено обратное преобразование – электрической энергии в химическую; создан электрический двигатель, в котором электрическая энергия преобразовывалась в механическую; открыто явление непосредственного преобразования электрической энергии в тепло. И, наконец, в 1831 году был открыт способ превращения механической энергии в электрическую. Естественным обобщением огромного объема накопленных данных по преобразованию одних форм энергии в другие явился *закон сохранения и превращения энергии* – один из основных фундаментальных законов физики.

Потребность в преобразованиях энергии связана с необходимостью наличия различных форм энергии для разнообразных современных технологических процессов. Причем преобразования энергии не исчерпываются только превращением одних ее форм в другие. Тепловая энергия применяется при разных значениях температуры теплоносителя (пар, газ, вода), электрическая – в виде переменного или постоянного тока и при разных уровнях напряжения.

Преобразования энергии осуществляются в различных машинах, аппаратах и устройствах, составляющих в целом техническую основу энергетики. Так, в котельных установках химическая энергия топлива преобразуется в тепловую; в паровой турбине это тепло, носителем которого является водяной пар, преобразуется в механическую энергию, которая в электрическом генераторе, в свою очередь, преобразуется в энергию электрическую; на гидроэлектростанциях в гидротурбинах и электрогенераторах энергия водных

потоков преобразуется в электрическую; в электрических двигателях электрическая энергия преобразуется в механическую и т.д.

Способы создания и использования разных установок, машин, аппаратов и устройств, предназначенных для получения, преобразования, транспортировки и применения разных форм энергии, базируются на соответствующих разделах теоретических основ энергетики: *теплотехники, электротехники, гидротехники, ветротехники* и др.

1.1.2. ЭКОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Термин «экология», впервые использованный в 1966 году биологом Э.Геккелем, происходит от греческих слов «oikos» – дом, семья и «logos» – слово, понятие, учение.

Экология – наука, изучающая взаимоотношения живых организмов, образующих некоторое единство (системы) с окружающей средой, в пределах которого осуществляется процесс трансформации энергии и органического вещества. Основная задача экологии – изучение взаимодействия энергии и материи в экосистеме, под которой в общем случае подразумевается открытая устойчивая целостная система живых и неживых компонентов, исторически сложившихся на той или иной территории (акватории) биосферы. Экосистемы представляют собой открытые системы, т.е. имеют на входе и на выходе окружающую среду.

В центре внимания современной экологии находится концепция экосистемы. Односторонний поток энергии и циркуляция химических элементов – два фундаментальных закона общей экологии, одинаково применимые к любой окружающей среде и к любому организму, включая человека. Отдельные особи, популяции, виды, сообщества в их взаимодействии между собой и с окружающей средой также являются объектами экологического исследования.

Таким образом, экология – одна из ведущих учебных и научно-технических дисциплин на современном уровне развития человечества, и ее роль в будущем еще более возрастет. Экономические проблемы тесно связаны не только с вопросами технологической

деятельности человека (особенно с технологией энергетики) и техногенной нагрузки на окружающую среду, но также с экономикой, политикой, моралью, правом, эстетикой и образованием.

В прошлом Земля уже была подвержена глобальным катаклизмам, связанным с критическими изменениями, происходившими с природой. Например, одна из гипотез о причинах возникновения ледникового периода на Земле базируется на столкновении Земли с огромной кометой. Согласно другой гипотезе причиной «всемирного потопа» было резкое потепление климата на Земле, связанное с бурным развитием растительного и животного мира. Поэтому не удивительно, что еще в далеком прошлом ученые изучали взаимодействие биологических систем с окружающей средой. Известный трактат основателя медицинской науки Гиппократ «Воздух. Вода. Земля» – едва ли не первое исследование экологических проблем.

Влияние человека на окружающую среду в современную эпоху по многим компонентам приближается к валовому природному влиянию, однако с точки зрения концентрации негативных факторов на порядки превышает воздействие природных эффектов. Все это обусловило повышенный интерес человечества к изучению источников негативного влияния на окружающую среду и выявлению методов полного или частичного его устранения.

В связи с бурным ростом потребностей практики, особенно связанных с решением продовольственных и энергетических проблем, проблем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, обусловленных научно-технической революцией, возникли такие новые термины и понятия как «прикладная», «глобальная», «социальная», «инженерная» экология и др.

Экология прикладная – раздел экологии, исследования и результаты которого направлены на решение практических проблем охраны окружающей среды, в первую очередь, таких, как защита от загрязнений; управление окружающей средой, рациональным использованием естественных природных ресурсов, круговоротом воды и воздуха в природе, стабильностью и возможной нагрузкой экосистем.

Понятие «Прикладная экология» очень часто используется как синоним охраны окружающей среды. Поэтому важной составной

частью прикладной экологии является инженерная экология энергетики, изучающая экологические аспекты энергетики и энергетические аспекты экологии, которые находятся в самой тесной взаимосвязи. Назначение настоящего учебного пособия заключается в ознакомлении с основами энергетики и энергоснабжения, а также их экологическими аспектами.

Окружающая среда – совокупность природных и искусственных, создаваемых человеком, материальных объектов и явлений, а также социально-экологических явлений. К природным компонентам окружающей или природной среды относится географическое положение, устройство поверхности и климат местности, минеральные, энергетические и водные ресурсы, почва, воздух, флора и фауна с учетом присущих им процессов и явлений.

Созданные человеком физические компоненты окружающей среды включают в себя машины и орудия, жилые и производственные помещения, синтетические, не имеющие аналогов в окружающей среде, материалы и продукты, средства коммуникаций, загрязнения различных типов.

Загрязнение – привнесение в природную окружающую среду, а также возникновение в ней новых, обычно не характерных для этой среды, физических, химических или биологических веществ, оказывающих вредные воздействия на человека, флору и фауну. Основные источники загрязнений – различные объекты производственной и бытовой деятельности человека. К основным объектам, подвергающимся загрязнению, относится вода, воздух и почва.

Загрязнения воды связаны с регулярным сбросом в водоисточники сточных вод, с поверхностным и дренажным стоком с сельскохозяйственных угодий, разработкой полезных ископаемых, эксплуатацией энергетических, химических, машиностроительных и других предприятий.

Загрязнения воздуха являются результатом выбросов в атмосферу чужеродных капель, паров, газов, частиц, повышением концентрации некоторых обычных компонентов (углекислого газа, твердых частиц), что обусловлено работой предприятий, сжиганием топлива в различных энергетических системах, хозяйственно-бытовой деятельностью населения и т. д. Основные ингредиенты за-

грязнений – взвешенные частицы, окислы углерода, азота, серы, фотохимические окислители.

Загрязнение почвы имеет антропогенное происхождение – привлечение человеком различных загрязнителей (накопление пестицидов, неусвоенных удобрений, отходов животноводства, пчеловодства, промышленности, энергетики, загрязнение нефтепродуктами и т. п.). Как правило, почвенные загрязнители впитываются растениями и животными в пищевые цепи и таким путем доходят до человека.

1.1.3. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ

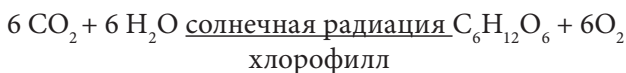
В дальнейшем под окружающей средой будем понимать комплекс внешних природных условий деятельности человеческого общества. Их главные компоненты (воздух, вода, земля, флора, фауна, гидросфера, атмосфера, литосфера, продуценты, консументы, редуценты) объединяются общим понятием – биосфера.

Биосфера – пространство, являющееся местом обитания совокупности всех живых организмов планеты. Она охватывает часть литосферы, атмосферы и гидросферу. Распространение жизни в биосфере крайне неравномерно. В основном она концентрируется на границе трех сред. Именно в биосфере, благодаря живым организмам, преобразуется солнечная энергия, совершаются биогеохимические превращения веществ, преобладают вещества биогенного происхождения. Верхняя часть биосферы ограничена озоновым экраном, задерживающим большую часть губительных для живых существ ультрафиолетовых лучей, а нижняя – тепловым барьером. Общая мощность биосферы может достигать 40 км. От всех других геосфер биосфера отличается наиболее энергичными химическими превращениями. Ее главные характеристики – наличие воды в жидком состоянии и проникновение солнечной радиации, представляющей собой единственный источник энергии планеты Земля.

Биосфера все время пребывает в динамике, т. е. в ней идет непрерывный круговорот веществ. В первую очередь это относится к атмосфере, главной составной частью которой является тропосфера (11 км). В тропосфере, где сосредоточено 2/3 всего воздуха, про-

истекают процессы, которые приводят к глобальным перемещениям огромных воздушных масс. На высоте 2 тыс. км от поверхности Земли расстояние между отдельными молекулами воздуха измеряется километрами. Структура тропосферы неоднородна и состоит из трех слоев: пограничного (1...1,5 км), околосемного (50...100 м) и подстилочного (верхушки деревьев).

Основной глобальный процесс в биосфере – круговорот углекислого газа (CO_2), воды (H_2O) и кислорода (O_2). Взаимодействие углекислого газа (CO_2) с водой (H_2O) под воздействием солнечной радиации – основа жизни на Земле. В результате этого процесса, происходящего в зеленой массе растений, образуется хлорофилл ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) и кислород (O_2). Соответствующая химическая реакция имеет вид:

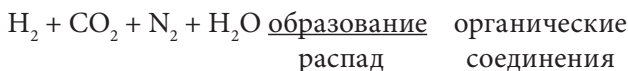


В экологии принято один из компонентов биосферы – растения, образующие хлорофилл, называть продуцентами, животных и людей – консументами, бактерии и грибки – редуцентами. Последние разлагают остатки растений и животных на CO_2 и другие элементарные вещества.

Основным источником энергии в примитивной атмосфере Земли, как и в настоящее время, всегда было Солнце. Однако свет проходил через атмосферу иного состава, хотя спектральный состав излучения был тот же. Большая часть высокоэнергетического излучения достигала земной поверхности, так как в атмосфере отсутствовал кислород. Следовательно, не было и озонового экрана. Именно он поглощает теперь почти все коротковолновое ультрафиолетовое (УФ) излучение.

Таким образом, большие количества активной фотохимической энергии были доступны для взаимодействия с веществом. Кроме того, для первобытной земной поверхности была характерна высокая вулканическая активность, мощные вулканические разряды и сильные ливни. Все это создавало самые разнообразные условия протекания химических реакций.

Первые циклы, возможно, имели следующую структуру:



Важным этапом биологического круговорота является то, что жизнь, возникшая в воде, постепенно начинает завоевывать сушу. Увеличение содержания кислорода в атмосфере способствует появлению озонового слоя, поглощающего УФ – излучение, пагубное для живых систем. Все это интенсифицирует фотосинтез у поверхности воды, повышает надежность озонового слоя и в, конечном итоге, – эффективность круговорота веществ в природе.

Схематично натуральный цикл CO_2 и O_2 показан на рис. 1.1.

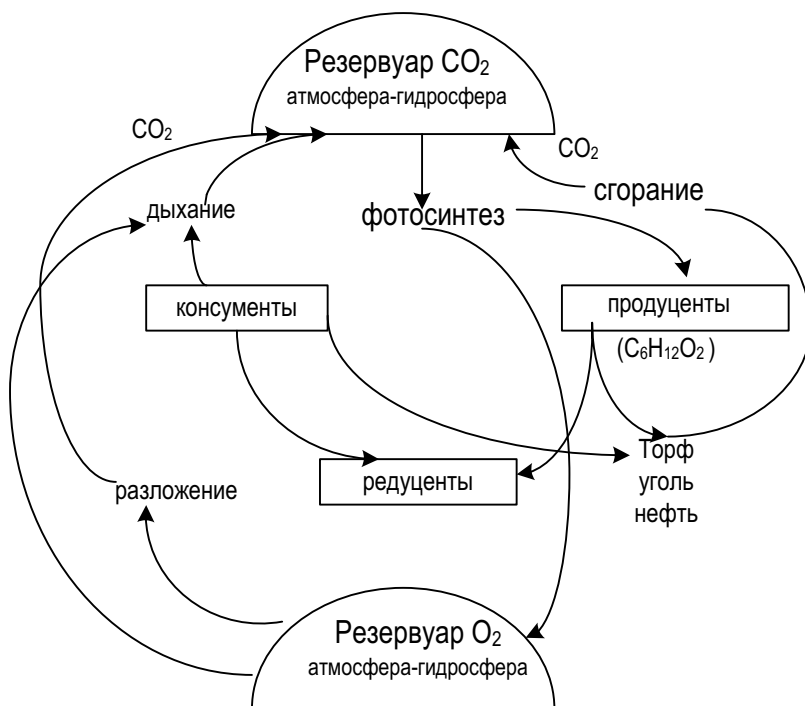


Рис.1.1 – Природный цикл CO_2 и O_2

Компоненты CO_2 и O_2 распределены в биосфере крайне неравномерно. Атмосфера содержит всего 4 % CO_2 от общего его количества в природе. В океане CO_2 в 50 раз больше, чем в атмосфере.

Следует отметить, что на натуральный цикл круговорота CO_2 и O_2 все большее влияние оказывает техногенная активность человечества, в том числе и теплоэнергетика, которая не только меняет баланс и пути круговорота этих веществ, но и создает другие вещества, оказывая дополнительные негативные воздействия на окружающую среду.

1.2. ЭНЕРГИЯ И ЖИЗНЬ

Итак, современная экология рассматривает в центре картины эволюции живой природы круговорот веществ в экосистеме. Источник движения и развития жизни в ней – постоянная накачка потоком свободной энергии и вынужденное перемещение веществ под воздействием этого возмущения (рис. 1.2.). Как видно из данного рисунка, кроме источника энергии (Солнца) и промежуточной системы (биосферы), обязательным элементом экосистемы является третье звено – приемник энергии (Космос) или сток, в который переходит энергия.

Поток солнечной энергии вызывает и организует круговорот в органической системе (от простых, физических: воды и воздуха, до сложного, биологического). Энергии, при таком подходе, отводится роль «царицы мира». Энтропия («тень» энергии) своим ростом только демонстрирует возрастание потоков свободной энергии, использованной экосистемой.

Известны три основных типа современных концепций развития жизни: субстратные, энергетические и информационные. Первой начала развиваться субстратная составляющая. Начавшись с морфологии организмов, она углубила понимание биохимического единства живой природы, благодаря достижениям биохимии и физиологии. Бурный рост исследований по молекулярной биоло-

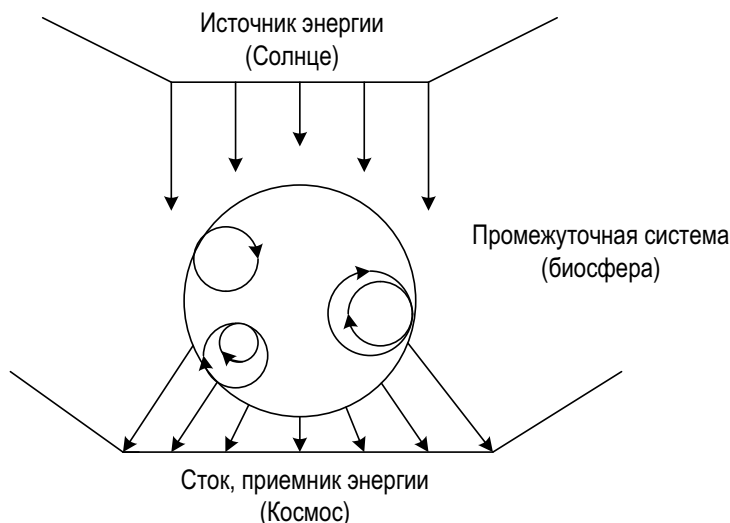


Рис.1.2 – Схема трехзвенной системы с потоком энергии

гии и генетике в последние десятилетия доказал единую генетико-молекулярную основу всех процессов жизнедеятельности.

Совершенствование кибернетики и теории информатики способствовали возникновению информационной концепции, позволившей (на основе кибернетического подхода) дать представление о развитии механизмов управления в живой природе и о темпах эволюции.

Энергетический подход указывает направление развития сложных открытых систем, подверженных извне постоянной накачке энергии: это совершенствование биохимических циклов вещества, их ускорение, возрастание переработки энергии каждой единицей структуры.

Любой из указанных подходов занимает свое, вполне определенное, место в теории эволюционирующих структур. Недооценка даже одного из них может привести к недостоверным результатам. Так, рассуждая о возникновении жизни, правильнее говорить не о ее биохимическом исполнении в соответствии с субстратным подходом, а об энергетическом предопределении зарождения живых структур.

«Можно без преувеличения утверждать, – писал в своей основополагающей монографии «Биосфера», опубликованной в 1926 г., выдающийся естествоиспытатель В. И. Вернадский, что химическое состояние наружной коры нашей планеты, биосфера, всецело находится под влиянием жизни, определяется живыми организмами. Несомненно, что энергия, придающая биосфере ее обычный облик, имеет космическое происхождение. Она исходит из Солнца в форме лучистой энергии. Но именно живые организмы, совокупность жизни, превращают эту космическую лучистую энергию в земную, химическую и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Это живые организмы, которые своим дыханием, своим питанием, своим метаболизмом, своей смертью и своим размножением, постоянным использованием своего вещества, а главное – длящейся сотни миллионов лет непрерывной сменой поколений, своим рождением и размножением порождают одно из грандиознейших планетных явлений, не существующих нигде, кроме «биосферы».

Таким образом, В. И. Вернадский рассматривает биосферу не как простую совокупность живых организмов, а как единую термодинамическую систему – оболочку (пространство), в которой сосредоточена жизнь и осуществляется постоянное взаимодействие всего живого с неорганическими условиями среды. Основными компонентами биосферы по В. И. Вернадскому, являются:

- живое вещество – растения, животные, микроорганизмы;
- биогенное вещество – органические и органико-минеральные продукты, созданные живыми организмами в течение геологической истории Земли: каменный уголь, нефть, газ, горючие сланцы и т. д.;
- костное вещество – горные породы неорганического происхождения, являющиеся средой обитания живых организмов;
- биокостное вещество – результат синтеза живого и неживого вещества: минеральные породы органического происхождения, современная почва, ил и т. д.

С появлением людей на Земле началось их влияние на круговорот веществ и энергетический обмен в биосфере. Вместе с развитием человеческого общества возрастает антропогенное воздействие на окружающую среду. Человек, в отличие от других организмов, воз-

действует на природу не только биологическим обменом веществ, но и своим трудом. Рост народонаселения, технического оснащения и общественной организации труда привели к интенсификации антропогенных трансформаций в биосфере. Причем этапы взаимодействия общества и природы отвечают не только этапам совершенствования средств производства, которыми люди непосредственно влияли на природу, но и этапам развития производственных отношений, этапам развития всего человеческого общества.

К сожалению, в последнее время это взаимодействие приобретает характер, угрожающий для самой биосферы. Научно-техническая революция, ставшая возможной в результате великих открытий в биологии, химии и многих других науках, намного расширив возможности интенсивного использования природных ресурсов, в то же время усложнила и все более возрастающими темпами продолжает усложнять взаимоотношения человека с окружающей средой. В экологические системы и, в целом, в биосферу вносятся весьма заметные и непредвиденные изменения. Они нередко связаны с загрязнением воздушного бассейна, морских акваторий и пресноводных водоемов, нарушением почвенного покрова и ценных ландшафтов, водных и лесных ресурсов, уменьшением численности полезных видов животных и растений.

1.3.ЭНЕРГЕТИКА И ЦИВИЛИЗАЦИЯ

Вся история развития человечества и становления цивилизации – это история освоения энергии и развития энергетики.

В соответствии со сложившимися представлениями весь длительный процесс освоения энергии человеком можно условно разделить на следующие пять этапов.

Первый – этап мускульной энергии, уходящий в глубь тысячелетий и длящийся до V–VII веков нашей эры. Самым замечательным достижением этого периода является овладение огнем. Сначала огонь добывали случайно, затем – сознательно. Впервые огонь был

получен 80–150 тыс. лет назад. К этому открытию человек шел очень долго. Оно знаменовало собой один из важнейших переломных моментов в истории цивилизации.

Шло время. Люди научились получать тепло, но еще не располагали никакой силой, кроме собственных мускулов, которая помогала бы им подчинить себе природу. И все же со временем они стали использовать силу прирученных животных, ветра и воды. По данным историков, первые тягловые животные были запряжены в плуг около 5000 лет назад, запуск первой мельницы с колесом, приводимым в движение энергией водяного потока, относится к началу нашего летоисчисления. Древнейшие из известных сегодня в Европе ветряных мельниц были построены только в XI веке. Наступила пора второго этапа освоения энергии.

Второй этап VII – XVII вв. относится к использованию энергии движущегося ветра и воды. Связан с изготовлением специальных, порой очень непростых, сооружений, требовавших коллективного труда и творчества. Техническая основа разработок того времени – колесо.

На протяжении столетий степень использования новых источников энергии – ветра и воды – оставалась очень низкой, хотя уже к XI в. насчитывались десятки водяных и ветряных мельниц. Создавались прядильные и ткацкие станки, маслобойные и бумагоделательные машины, металлический сельскохозяйственный инвентарь, лесопильные установки. На все это требовалось огромное количество металла, а следовательно – энергии. Для выработки большого количества древесного угля сводились на нет огромные площади лесов.

Это был первый серьезный экологический кризис, связанный с развитием промышленности. Возникла необходимость в новых, более мощных и постоянно действующих двигателях, не зависящих ни от расположения, ни от сезона года в отличие от ветряных и водяных колес. Назревал серьезный энергетический кризис, выход из которого был найден с помощью приручения «движущей силы огня», используемой для нагрева и испарения воды, применения силы сжатого пара. Пришла эра третьего этапа в развитии энергетики человечества.

Третий этап (с XVIII в. до начала XX в.) соответствует все более широкому применению огня, источником которого является химическая энергия топлива, накопленного в былых биосферах: каменного угля, нефти, газа, горючих сланцев и т. д.

К середине XVIII в. претворились в жизнь давнишние попытки получить механическую энергию за счет тепловой. К первым пионерам – изобретателям «огненной машины» следует отнести английского военного инженера Томаса Савери, который в 1698 г. получил патент на «новое изобретение для подъема воды и для осуществления движения на всех видах мануфактур движущей силой огня». В 1755 г. английский кузнечный мастер Томас Ньюкомен сконструировал первую практически полезную паровую машину, которая на европейском континенте впервые была построена в 1721 г. в Словакии Исааком Портером. Нельзя не отметить оригинальную, во многом улучшенную и плавно работающую паровую машину, построенную в 1763 русским изобретателем Иваном Ползуновым.

Все упомянутые машины имели множество недостатков: огромные размеры и вес, очень низкий к. п. д., узкую сферу применения – практически лишь для привода водяных насосов. Только научная революция XVII-XVIII вв., вызванная развитием капиталистических отношений, привела к зарождению опытной науки, сформировавшей правила разработки и создания энергетических движителей. Открытия в химии, физике, математике и других естественных и точных науках получили однозначную цель – помочь в удовлетворении самых насущных потребностей множества людей.

Промышленная революция, как часто называют эту эпоху великих открытий, существенно изменила течение жизни на нашей планете. Одним из ее последствий было окончательное падение феодализма, который уже не мог приспособиться к развитию новых производительных сил, и упрочение капиталистических производственных отношений. Во второй половине XVIII в. в Англии Джеймс Уатт разработал настоящую паровую машину непрерывного действия, которая раскрутила колесо истории до небывалых прежде оборотов. В Англии, этой мастерской мира того времени, где две трети населения работали в промышленности, паровые машины распространились необычайно быстро. За Англией последо-

вали континентальная Европа и Северная Америка. Механическую энергию стали использовать для приведения в движение заводских механических агрегатов (машин-орудий). Так возникают первые тепловые машины-двигатели.

В дальнейшем конструкторская мысль приходит к созданию двигателей внутреннего сгорания, паровых, газовых и парогазовых стационарных турбин, авиационных и транспортных газовых турбин, реактивных и ракетных двигателей. Но все это будет гораздо позже.

Паровые машины повышенного давления можно было поставить на колеса и получить самодвижущиеся по рельсам повозки. Уже в 1804 г. англичанин Ричард Тревитик изобретает паровой локомотив, двигавшийся по рельсам с неслыханной в те времена скоростью 30 км/час. В 1805 г. американец Роберт Фултон сконструировал первый пароход, который совершал регулярные рейсы по реке Гудзон между Нью-Йорком и Олбани. И, наконец, в 1825 г. на трассе Стоктон-Дарлингтон в Англии начинает действовать первая железная дорога.

Наступает «золотой век пара». Наряду с развитием практической теплотехники развиваются ее теоретические основы – теория тепловых двигателей или, как теперь принято называть, техническая термодинамика. В середине прошлого века из наблюдений над тепловыми явлениями и работой тепловых машин трудами Джоуля, Майера, Гельмгольца, Карно, Клазиуса были установлены первый и второй законы термодинамики, которые легли в основу этой фундаментальной дисциплины, изучающей взаимное превращение тепловой и механической энергии.

Вместе с тем, быстрый количественный рост числа паровых машин, их непрерывные модернизации к концу XIX в. уже не смогли удовлетворить потребности в энергетических мощностях экспоненциально растущей экономики. Очевидными стали и существенные недостатки паровых машин, в первую очередь, такие как, низкий к. п. д., громадный расход топлива, передача движения от машин к станкам через сложные и ненадежные системы трансмиссий. Атмосфера городов с тысячами заводских дымовых труб, становилась непригодной для жизни городов. Близилась новая эра – эра электричества.

Четвертый этап – (с начала XX в.) – «золотой век электричества».

В недрах XIX в. зрели новые способы преобразования и использования энергии, но только в XX в. электричество вступило в права основного энергодателя, энергопреобразователя и энергопереносчика.

В течение всего XIX в. для промышленных целей человек пользовался механической энергией, получаемой в основном от тепловых двигателей. Значительным недостатком этого вида энергии является трудность ее передачи на расстояние. Применяемые трансмиссии громоздки, неудобны и неэкономичны вследствие больших потерь на трение, сфера их действия весьма ограничена.

В этой связи, весьма сильный толчок к использованию тепловой энергии и тепловых двигателей был получен в результате появления и широкого применения электрических машин и моторов, в которых механическая энергия преобразуется в электрическую и наоборот. Электрическая энергия, благодаря своей транспортабельности, оказалась более удобной, чем механическая. Она быстро и с малыми потерями передается на большие расстояния, может легко преобразовываться в другие виды энергии. При этом к. п. д. электропреобразователей очень высок, а источником может служить как энергия падающей воды, так и химическая энергия органического топлива.

Таким образом, появление тепловых двигателей, с одной стороны, обеспечило широкое использование для получения механической энергии громадных природных энергетических ресурсов в виде залежей различных топлив – углей, нефти, газа, сланцев, торфа и т. д. С другой, успехи в создании машин и двигателей, вырабатывающих за счет тепловой энергии электрическую, привели к быстрому развитию крупных тепловых электрических станций (ТЭС), где осуществляются основные преобразования тепловой энергии в механическую, а затем – в электрическую.

Вместе с тем, благодаря научным открытиям XX века, человечество вплотную подошло к в новой эпохе – эпохе использования атомной энергии.

Пятый этап – это этап создания и развития атомной энергетики.

Одним из крупнейших достижений в XX веке является освоение и использование атомной энергии. Это великое открытие, к сожалению, было прежде всего использовано в военных целях и только позднее в мирных.

Современная атомная энергетика зиждется на экспериментальном установленном факте деления тяжелых ядер элементов (урана, плутония, тория) в результате попадания в ядро нейтрона, благодаря чему развивается цепная реакция с выделением огромного количества энергии (тепла). Один из трех названных элементов – плутоний – встречается на Земле в ничтожно малых количествах (в урановых рудах). В настоящее время в качестве ядерного топлива в реакции деления ядер используется обогащенный природный уран и искусственно получаемый плутоний. Что касается тория, то он так и не получил применения в ядерной энергетике, хотя его запасы больше, чем урана. Многие специалисты рассматривают торий как перспективное ядерное топливо. И, наконец, ядерные реакции с огромным энерговыделением могут происходить и в результате синтеза ядер элементов, обладающих малым атомным весом, например, изотопов водорода – дейтерия и трития. Но это уже – термоядерная реакция.

Для пятого этапа развития энергетики, основанного на использовании атомной энергии, основным энергоносителем также является водяной пар.

В связи с вышеизложенным можно утверждать, что рост энергетических показателей является одним из важнейших факторов в эволюции человека, и развитие всех производственных технологий связано с совершенствованием энергетики. Поэтому вопрос о будущем развития энергетики можно по праву считать одним из самых главных в настоящее время.

1.4. ЭНЕРГИЯ – ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ

Каждый исторический этап развития науки и техники ставит перед учеными и инженерами множество вопросов. Из них можно выделить лишь несколько фундаментальных, без решения которых невозможно дальнейшее развитие цивилизации, повышение жизненного уровня человечества. С этой точки зрения одной из главных проблем сегодня и в ближайшем будущем несомненно является обеспечение достаточным количеством энергии. Проблема эта тем острее, что не носит чисто технический характер.

Слово «энергия» ежедневно произносится с экранов телевизоров, мелькает на страницах журналов и газет, не говоря уже о специальных изданиях. Энергетическая ситуация в отдельных государствах существенно влияет на жизненный уровень и культуру населения, сказывается на внутренней и внешней политике. Страны с недостающими энергетическими ресурсами прилагают все усилия, чтобы обеспечить себя хотя бы самими необходимыми источниками энергии.

Страны-экспортеры газа и нефти, газовые и нефтяные монополии получают огромные прибыли и сверхприбыли. С другой стороны, в тиши кабинетов вынашиваются политические и военные планы передела и сохранения нефтяных и газовых промыслов. Понятие «нефтяное эмбарго», еще не так давно неизвестное, вызывает небывалую панику в ряде стран и становится орудием экономического и политического шантажа. Все чаще возникают вопросы: как жить дальше без нефти и газа, чем отапливать жилье и производственные помещения, как приводить в движение машины и агрегаты, как поддерживать технологические процессы? Откуда брать энергию, каждый день все больше энергии?

Вернемся еще раз к общему понятию «энергия». Одно из самых общих свойств энергии состоит в том, что она является основной мерой движения материи. Иными словами, тепловая энергия связана с быстрым, непосредственным движением атомов и молекул,

электрический ток представляет собой движение электронов, механическая энергия – энергию движущегося тела и т.д. Таким образом, энергия неразрывно связана с материей и веществом. Причем, в соответствии с известным уравнением Эйнштейна $E = mc^2$, где E – полная энергия данного тела (в джоулях), m – его масса (в килограммах), c – скорость света в вакууме, любому количеству энергии тела (системы тел) соответствует определенная масса и наоборот. Если к сказанному добавить закон превращения и сохранения энергии, то можно констатировать следующий факт: энергия есть свойство материи и поэтому, так же как материя, не может быть создана из ничего или уничтожена.

Возникает вопрос: «Если энергия составляет свойство всякой материи, а материи всегда достаточно, почему же мир борется с недостатком энергии?» На этот правомерный вопрос существует вполне определенный ответ. Теория будет подкреплена практикой лишь при условии, что наука и техника смогут достичь соответствующего уровня – такого, при котором человек будет способен получать энергию из любой материи в полезной форме, например, в форме тепла или электричества. Это позволит решить все энергетические проблемы человечества. Данное теоретическое предположение убедительно подтверждает развитие ядерной энергетики, уже использующей для получения энергии в полезной форме материю, а именно – так называемые делящиеся материалы.

РАЗДЕЛ 2. ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

«Единственная вещь, которую мы точно знаем, – это наша полная неподготовленность к встрече со сложными проблемами будущего».

Э.Джонс.

2.1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Энергетика и реализующий её назначение топливно-энергетический комплекс являются основой существования и развития цивилизации. Концентрируя огромные материальные ресурсы, перерабатывая колоссальные топливно-энергетические ресурсы, активно вторгаясь в гидро-, лито и атмосферу, энергетика в состоянии изменить и уже изменяет естественную среду обитания.

Познавая законы природы и создавая все более могучую технику, быстро растущее человечество по масштабам своего вмешательства в природу стало сопоставимо с планетарными силами. Спровоцированные деятельностью человека экологические катастрофы не уступают по масштабу своего разрушительного потенциала ядерной угрозе. Следовательно, на современном этапе развития энергетики уже недостаточно рассматривать её взаимодействие с экологией на уровне отдельных локальных воздействий. При существующих масштабах развития на базе освоенных технологий неизбежным является распространение основных воздействий энергетики на крупные регионы планеты, глобаль-

ный характер экологических проблем энергетики Украины не является исключением.

Деятельность Римского клуба, основанного в 1968 году итальянским общественным деятелем Аурелио Печчеи, решения Стокгольмской конференции ООН 1972 года, которая создала специальную структуру – Программу ООН по окружающей среде (ЮНЕП), доклады Всемирной комиссии ООН по окружающей среде и развитию исследований ЮНЕСКО, резолюция Генеральной Ассамблеи ООН в декабре 1989 года, конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в июне 1992 года, материалы работы многих других международных организаций и форумов подготовили и сформировали модель устойчивого развития, при которой достигается экологически приемлемое экономическое существование.

Три главных взаимосвязанных проблемы особенно остро стоят сегодня перед человечеством: питания, энергии и экологии. Актуальны они как для Европы в целом, так и для Украины, в частности. В этом ряду особое место принадлежит энергетике, так как от её развития во многом зависит судьба экономики, а следовательно, упадок или процветание общества и, с другой стороны, – состояние окружающей среды.

Как отмечалось в первом разделе, открытие электричества оказало глобальное воздействие на жизнь всего человечества, содействовало зарождению и подъёму крупнейших городов мира. Разработка в 20 в. всё более быстрыми темпами нефти и природного газа, наряду с развитием гидроэнергетики и использованием энергии атома, позволила промышленно развитым странам осуществить грандиозные преобразования, которые и сформировали современный мир со всеми его противоречиями, проблемами и надеждами.

Каждый виток вверх по спирали исторического развития сопровождается более высоким уровнем потребления энергии, а, следовательно, обострением экологических проблем.

Основным условием их решения является изучение условий образования вредных выбросов в процессе производства тепловой и электрической энергии, влияния на окружающую среду, а также разработка методов и устройств их нейтрализации. Актуальность

этих проблем определяется, во-первых, устаревшими энерготехнологиями, а, во-вторых, высоким темпом использования ТЭР (темпы прироста 4–5 % в год). Даже прирост в 4 % соответствует увеличению потребности в ТЭР за 30 лет в 3 раза, а за 100 лет в 50 раз.

Общее представление о всемирном использовании природных ресурсов за последние сто лет представляют данные, приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Использование энергоресурсов в мире.

Показатели	1900	1950	1970	1990	2000
Суммарное энергопотребление, млрд. т. условного топлива (т. у. т*)	0,95	2,86	7,3	17,0	25,0
Население, млрд.	1,62	2,5	3,6	4,6	5,2
Удельные энергозатраты (т. у. т. на 1 человека в год)	0,59	1,16	2,03	3,7	4,8

* Теплота сгорания условного топлива $Q_p = 29300$ кДж/кг

Особенно актуальны вопросы экологии для районов (регионов) с большой концентрацией населения и промышленного производства. В этом случае не только возрастает потребность в энергетических ресурсах, но и образуется огромное количество самых разнообразных отходов (рис. 2.1).

Народонаселение земли увеличивается в основном за счет развивающихся стран Юго-Восточной Азии, где живут около 2/3 населения мира. Именно в странах этого региона в последние десятилетия наблюдается заметный экономический подъем. Так, например, валовой внутренний продукт (ВВП) Китая за последние 15 лет вырос почти в 2 раза и составляет около 10 % мирового ВВП. Определенный рост экономики наблюдается в Индонезии, Индии, странах Индокитая, не говоря о Японии, Южной Корее, Тайване, странах Персидского залива.

Эти данные свидетельствуют о том, что страны Юго-Восточной Азии по потреблению энергоносителей, по промышленному и сельскохозяйственному производству приближаются к развитым странам мира. Заметные положительные сдвиги в экономике наблюдаются во многих странах Африки, Южной и Центральной Америки.

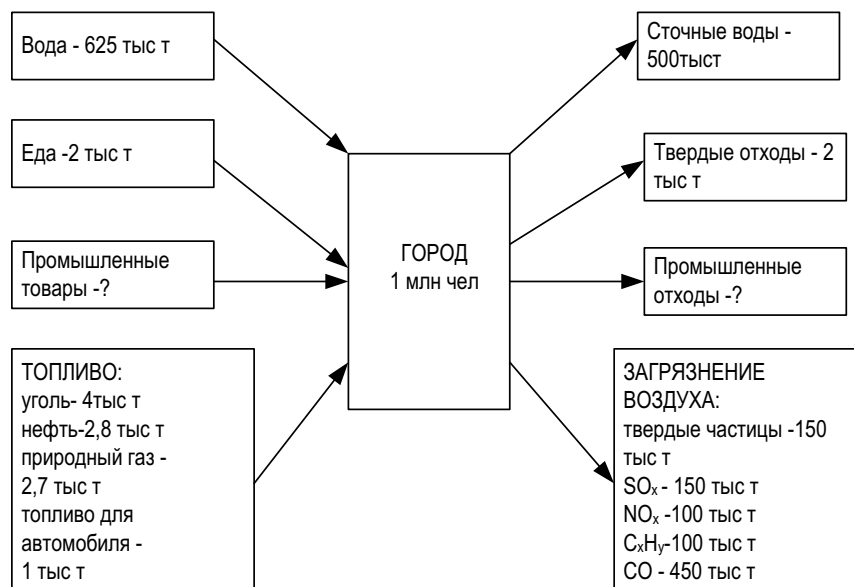


Рис.2.1 – Суточная потребность в энергоресурсах и отходы города с населением 1 млн чел

Отсюда следует, что рост народонаселения мира будет сопровождаться соответствующим ростом экономики, энергетики, потреблением углеводородного топлива. Так, для России до 2050 года прогнозируется рост потребления нефти и газа на 25–50 %, что соответствует 0,5–0,8 % ежегодного прироста. В то же время даже Россия обеспечена запасами пока только до 2025 года. Как видим, проблемы отыскания и использования соответствующих видов энергии, которые всегда интересовали людей, приобрели особую актуальность. И это не удивительно, мировое потребление энергии стало соизмеримо с запасами горючих ископаемых – базой современной энергетики. То, что природой создавалось на протяжении геологических эпох (миллионов лет), расходуется в течение нескольких десятилетий.

Человечество осознает, что во взаимодействии Человека с Природой происходит нечто очень серьёзное, возможно, необрати-

мое. Только за последние двадцать лет XX века было использовано энергоресурсов в 1,2 раза больше, чем их было добыто в мире до 1980 года. Мировая добыча углеводородного топлива сейчас превысила $12 \cdot 10^{12}$ кг в год, ежегодный прирост добычи с 1950 по 1980 гг. составлял 4 %, но после 1980 г. резко сократился до 0,7 %.

Рост народонаселения мира продолжает увеличиваться в тех же темпах (в среднем 2 % в год), а отставание от него добычи природного топлива создает определенный дисбаланс, который чреват энергетическими кризисами, что и наблюдается к началу XXI века. Пополнение ресурсами нефти и газа также отстает от их добычи. Эти ресурсы оцениваются так: нефть – 350–400 млрд т, газ – 560 трлн м³, уголь – 1230 млрд т. При сохранении современного темпа роста добычи углеводородного топлива указанные ресурсы могут быть полностью исчерпаны к 2100 г. Конечно, можно ожидать увеличения ресурсов топлива в течении XXI века, но не более чем в 1,5–2 раза, а за XXI век народонаселение мира может увеличиться в 7 раз.

Таким образом, в XXII веке, а возможно еще в XXI, в мире ожидается катастрофический топливный кризис, поскольку добыча топлива на душу населения (по сравнению с 2000 г.) в 2100 г. снизится более чем в 3 раза, а в 2200 – в 11 раз. За последние пять лет прирост добычи нефти с газоконденсатом в мире увеличился с 3125 до 3600 млн. т, т.е. составил 2,87 % в год, добыча природного газа за этот же период – с 2624 до 2975 млрд. м³, что соответствует 2,54 % в год. Добыча угля за этот же период несколько уменьшилась с 3262 до 3222 млн. т, т.е. 0,25 % в год. В целом добыча углеводородного топлива увеличилась в мире на 1,7 % в год, т.е. около 10 млрд. т у. т. и может удвоиться через 40 лет. Доказанные запасы нефти к 2000 г. составляли 152 млрд. т, газа – 148000 млрд. м³, которых может хватить при существующих темпах добычи примерно на 30 лет.

Всё это грозит не только исчерпанием легкодоступных, дешёвых месторождений первичных энергоресурсов, но и серьёзными экологическими осложнениями. Тем более, что потребление органических топлив продолжает расти, причём, начиная с 1960 года, линейно. Такой характер зависимости, по прогнозам ряда самых авторитетных мировых центров, сохранится и, в начале 21 века,

несмотря на все достижения развитых стран в энергосбережении, энергетическом аудите и менеджменте.

Сколько энергии потребуется человечеству в ближайшем и более отдалённом будущем? Как долго нынешние способы производства энергии будут удовлетворять потребность в нём? Может ли топливно-энергетический комплекс нарушить экологическое равновесие планеты и как этого избежать? Каким видам энергии суждено стать главными в будущем? Эти и многие другие аналогичные вопросы, которые беспокоят сегодня не только учёных и экономистов, являются предметом дальнейшего рассмотрения.

2.2. ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ КАК КРИТЕРИЙ БЛАГОСОСТОЯНИЯ ОБЩЕСТВА

Простая взаимосвязь промышленного развития и роста потребления энергоресурсов в двадцатом веке очень усложнилась. Даже на добычу энергоресурсов требуется колоссальное количество энергии, которое всё время возрастает из-за того, что исчерпываются более доступные энергоресурсы и приходится приступать к добыче менее доступных. В категорию энергоёмких отраслей вошла и наука, иными словами, развитие цивилизации немыслимо без развития науки, а это, в свою очередь, требует увеличения потребления энергоресурсов.

«Как будет развиваться энергопотребление, какими методами и до какого уровня? Как обеспечить топливно-энергетическими ресурсами экономику? Как избежать негативного воздействия энергоснабжения и энергопотребления на окружающую среду?» – вот те проблемные вопросы, которые стоят сегодня перед многими странами мира, в том числе, и перед Украиной.

Всё потребление энергоресурсов принято делить на четыре, примерно равные, группы: промышленность, энергетика, транспорт и коммунально-бытовое потребление. Количественные соотношения этих групп могут быть различными для разных стран, поэтому для

сравнения используют величину потребления энергоресурсов на душу населения. Для мира в целом эта величина в настоящее время составляет примерно 17 тыс. кВт·ч на человека в год, однако, для стран с различным уровнем экономического развития колеблется в значительных пределах. Так, три четверти населения Земли потребляют в среднем на одного человека 16 тыс. кВт·ч в год, а 400 млн. человек только 750. кВт·ч в год. Наибольшее потребление энергоресурсов на человека приходится на Соединённые Штаты Америки – 130 тыс. кВт·ч в год, на бывший СССР – около 100 тыс. кВт·ч, тогда как на Индию – всего около 4 тысяч.

Ранее было показано, что развитие энергопотребления определяют две линии: рост потребления энергоресурсов на душу населения и рост самого населения. Первая линия зависит от уровня развития науки и техники, т.е. от состояния экономики. Отстающие страны будут стремиться догнать экономически развитые, а развитые будут продолжать наращивать свой энергетический потенциал. История показывает, что вряд ли в каком либо поколении человечество скажет, что ему больше ничего не нужно. Следовательно, рост потребления энергоресурсов может быть ограничен лишь возможностью получения требуемых количеств энергии. Если принять, что к концу XXI столетия средняя цифра потребления энергоресурсов на душу населения достигнет уровня США в настоящее время, то можно оценить уровень общего энергопотребления к тому времени.

Вторая линия развития связана с ростом населения на Земле, который происходит не менее бурно, чем развитие промышленного производства. Если в середине XIX века население Земли составляло 1.7 миллиардов человек, то к концу двадцатого века оно превысило 6.0 миллиардов человек. Ожидается, что к середине XXI века на Земле будет жить примерно 10 миллиардов человек. Последняя цифра по различным прогнозам колеблется. Но все авторы сходятся в том, что, если на Земле не произойдёт каких-то катастрофических для человека событий, то рост численности населения будет продолжаться.

По оценкам ученых, при нынешних климатических условиях и достигнутом уровне науки и техники Земля способна прокормить 15–20 миллиардов человек. Прогнозируемый прогресс в производ-

стве продуктов питания позволяет некоторым авторам определять верхнюю цифру населения Земли в 80 миллиардов человек. Если допустить, что к концу XXI века население Земли составит 20 миллиардов человек, а среднее потребление энергоресурсов на человека будет равно нынешнему уровню США, то к 2100 году на Земле будет потребляться энергоресурсов в количестве, составляющем, примерно, треть процента от той энергии, которую Земля получает от Солнца.

В продолжение к ранее сказанному, следует подчеркнуть, что удельные расходы энергии будут опережать темпы роста народонаселения (рис. 2.2). И это несмотря на то, что темпы роста народонаселения Земли в XX веке характеризуются поразительными величинами – более 100 миллионов человек в год. Остановимся на данном вопросе более подробно.

Такой темп роста народонаселения, получивший название демографического взрыва, породил множество проблем. Из них наиболее важные сегодня: определение разумной численности населения и сохранение её в равновесии, решение которых имеет предельно высокое социальное значение.

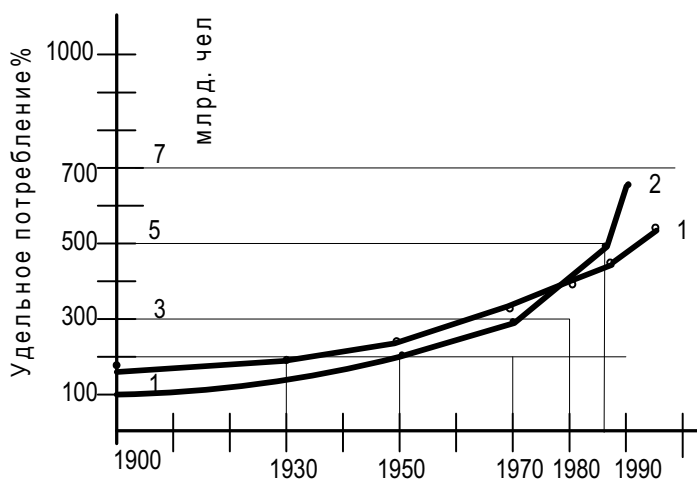


Рис. 2.2 – Рост народонаселения и удельного потребления в XX в.:

1 – народонаселение, млрд. чел; 2 – удельные затраты (%)

В таблицах 2.2–2.4 приведены данные по годовому приросту, соответственно, численности населения в мире в 1990 г. и прогнозу до 2010 г.; мирового производства первичных энергоносителей в 1989 г. и прогнозу до 2005 г. в млн. т. нефтяного эквивалента (%), потреблению энергии (кДж) и электроэнергии (МВт/ч) на душу населения по регионам в 1990 г. и прогнозу до 2010 г.

Как следует из данных, представленных на рис. 2.2., и в таблицах 2.2–2.4, несмотря на стремительный рост народонаселения, удельные расходы энергии на человека возрастают опережающими темпами. Однако, таких темпов явно недостаточно для того, чтобы удовлетворить возрастающие потребности в энергии. Поэтому необходимо прогнозировать перспективы ресурсосбережения для ныне живущих и будущих поколений. Наиболее целесообразными представляются два пути: разведка новых ресурсов и разработка наукоёмких технологий для более полного и эффективного вовлечения источников, ранее считавшихся нерентабельными. В этом смысле, ресурсы минерального сырья, пригодные для использования человеком, вполне воспроизводимы, а управление многочисленными альтернативными работами по такому воспроизводству составляет суть ресурсосберегающей деятельности человека, учитывая особую роль энергетических ресурсов в жизнедеятельности общества.

Учитывая, насколько велика и всесильна роль энергии, рассмотрим ее показатели как универсальные или близкие к таковым, а также критерии научно-технического развития общества и его благосостояния. В макроэкономическом анализе широко используется два основных энергетических критерия – энергопотребление на душу населения и энергоёмкость валового национального (внутреннего) продукта.

Однако, хотя энергопотребление на душу населения в большей степени отражает благосостояние и жизненный уровень государств, выводы, сделанные на основе сопоставления его в различных странах, в ряде случаев могут привести к недоразумению. Действительно равенство этих показателей в двух государствах, особенно относящиеся к разным регионам (NAFTA, OECD Pacific, EFTA, Европейский Союз, Центральная и Восточная Европа, Средний Восток, Азия,

Таблица 2.2 – Годовой прирост численности населения в мире

Регионы	1990 г.		2000 г.		2005 г.		2010 г.	
	Численность населения, млн.	Прирост за 1974–1990 гг, %	Численность населения, млн.	Прирост за 1974–1990 гг, %	Численность населения, млн.	Прирост за 1974–1990 гг, %	Численность населения, млн.	Прирост за 1974–1990 гг, %
Северная Америка	273	0,91	288	0,53	293	0,38	298	0,30
Латинская Америка	453	2,31	545	1,87	589	1,56	630	1,36
Западная Европа	417	0,54	436	0,44	443	0,33	449	0,36
Восточная Европа	436	0,85	463	0,61	473	0,45	482	0,36
Африка	626	2,94	820	2,74	926	2,46	1036	2,26
Средний Восток и Южная Азия	1218	2,13	1471	1,91	1596	1,65	1718	1,48
Юго-Восточная Азия и страны Тихого океана	332	2,08	396	1,77	426	1,49	455	1,31
Дальний Восток	1483	1,44	1657	1,12	1733	0,89	1799	0,75
Всего...	5238	1,71	6076	1,50	6479	1,30	6867	1,16

Таблица 2.3 – Мировое производство первичных энергоносителей

Энергоносители	1989 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.
Всего (в странах мира), млн. т нефтяного экв., (%)	8483 (100)	9753 (100)	10801 (100)	12094 (100)
Твердое топливо	2354 (27,7)	2615 (26,8)	2933 (27,2)	3363 (27,8)
Нефть	3183 (37,5)	3653 (37,4)	3902 (36,1)	4147 (34,3)
Природный газ	1669 (19,7)	2089 (21,4)	2470 (22,9)	2983 (24,6)
Атомная электроэнергия	516 (6,1)	584 (6,0)	640 (5,9)	692 (5,7)
Биомасса	564 (6,6)	579 (6,0)	587 (5,4)	594 (4,9)
Гидроэлектроэнергия и прочие энергоносители	197 (2,4)	233 (2,4)	269 (2,5)	315 (2,7)
СНГ и Восточная Европа	1898 (100)	2155 (100)	2394 (100)	2706 (100)
Твердое топливо	594 (31,3)	602 (27,9)	607 (25,4)	642 (23,7)
Нефть	537 (28,3)	616 (28,6)	665 (27,8)	710 (28,2)
Природный газ	662 (34,9)	818 (38,0)	969 (40,5)	1168 (43,2)
Атомная электроэнергия	78 (4,1)	90 (4,2)	121 (5,0)	152 (5,6)
Гидроэлектроэнергия и прочие энергоносители	27 (1,4)	29 (1,3)	32 (1,3)	34 (1,3)

Латинская Америка, Африка, Средиземноморье, страны бывшего СССР), не обязательно отражает одинаковый жизненный уровень или состояние экономического развития.

Различные структуры экономики, разные типы применяемых технологий уровни эффективности энергетического оборудования часто ведут к различным ВВП даже при одинаковом энергопотреблении на душу населения. Например, среди стран, имевших централизованную плановую экономику, существует группа с достаточно высоким энергопотреблением на душу населения, но с относительно низкими доходами и высокой энергоёмкостью, отличающаяся от других регионов мира. Экономическое развитие этих

Таблица 2.4 – Потребление энергии на душу населения

Регионы, группы стран	1990 г.		2000 г.		2005 г.		2010 г.	
	Потребление							
	Энергии	Электро-энергии	Энергии	Электро-энергии	Энергии	Электро-энергии	Энергии	Электро-энергии
Северная Америка	313	12,0	325–348	15,9–17,3	252–323	17,4–19,1	322–358	19,0–20,7
Латинская Америка	50	1,4	54–57	2,1–2,4	55–59	2,4–2,9	56–62	2,6–3,6
Западная Европа	133	5,4	139–148	6,4–6,6	138–150	6,9–7,1	138–153	7,5–7,6
Восточная Европа	183	5,4	200–208	7,0–7,7	203–216	7,7–8,6	208–225	8,4–9,5
Африка	23	0,5	23–24	0,7–0,8	23–24	0,7–0,9	22–25	0,8–1,1
Средний Восток и Южная Азия	20	0,4	21–22	0,6–0,7	21–22	0,7–0,9	21–23	0,8–1,0
Юго-Восточная Азия и страны Тихого океана	37	0,9	38–40	1,1–1,4	38–41	1,2–1,6	38–41	1,3–1,8
Дальний Восток	39	1,2	42–45	1,5–1,7	44–47	1,6–2,1	45–50	1,8–2,5
Всего	67	2,2	68–71	2,6–2,9	66–72	2,8–3,3	66–73	3,0–3,6

стран в основном базировалось на энергетической промышленности с низкоэффективным энергооборудованием в других секторах экономики. В других странах, например, Латинской Америке энергоёмкость почти такая же, но энергопотребление высокое, а доходы значительно ниже. Низкое энергопотребление на душу населения там объясняется мягким климатом, исключающим использование большого количества энергии в жилищно-бытовом секторе.

Аналогичная картина вырисовывается с энергоёмкостью валового внутреннего продукта. При корректном использовании этот критерий может служить как главный, в отношении энергетической эффективности экономики, состояния научно-технического прогресса, и уровня благосостояния населения. Вместе с тем, на данном примере, как и в ряде других случаев, можно продемонстрировать его неоднозначность. Так, например, энергоёмкость валового национального продукта Италии существенно ниже, чем США, хотя научно-технический уровень США и благосостояние страны (23690 ECU на душу населения, 1992 г.) несравненно выше, чем в Италии (11550 ECU). При этом энергопотребление на душу населения в Италии (2680 кг н. э.) значительно ниже, чем в США (7729 кг н. э.).

Сказанное выше позволяет сделать вывод, что сочетание этих двух критериев (энергоёмкость ВВП и энергопотребление на душу населения) способно адекватно характеризовать состояние экономики государства и благосостояние его населения. Высокоразвитые страны, как правило, отличает высокий уровень энергопотребления на душу населения и низкая энергоёмкость ВВП. Коррекция энергоёмкости ВВП в виде функций валового национального продукта на душу населения, представленная графически на рис 2.3, позволяет судить об энергоёмкости ВВП как о самостоятельном определяющем критерии. Страны с более низкими доходами на душу населения имеют более высокую энергоёмкость ВВП.

Общая закономерность представляется следующей: страны с развитой экономикой имеют технические, технологические и финансовые возможности понизить энергоёмкость ВВП, в то время как странам с низким экономическим уровнем достаточно сложно изыскать средства для структурной перестройки и перехода к новым технологиям, к более высоким требованиям к бытовым прибо-

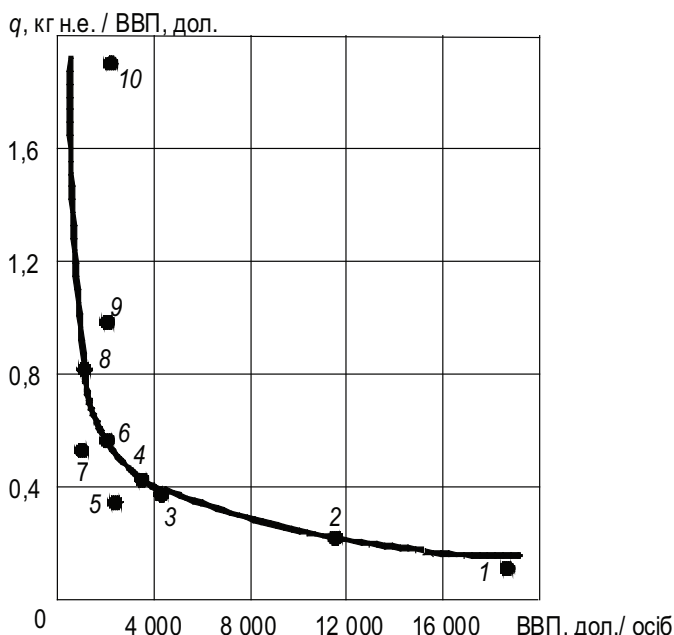


Рис. 2.3 – Зависимость энергоемкости ВВП от его удельного показателя для разных регионов мира (2000 г.):

1 – Тихоокеанский регион; 2 – Европейский Союз; 3 – Средний Восток; 4 – среднемировой показатель; 5 – Латинская Америка; 6 – Средиземноморье; 7 – Африка; 8 – Азия; 9 – Центральная и Восточная Европа; 10 – бывший СССР

рам и более жёстким стандартам на энергопотребляющее оборудование. Тем не менее, гипотетически перспектива представляется достаточно оптимистичной: страны с низким развитием экономики будут стремиться уменьшить её энергоёмкость с ростом доходов, а страны с высоким уровнем развития, в том числе, в области энергоэффективности, – постараются стабилизировать энергоемкость в соответствии с требованиями их высоких жизненных стандартов и конкурентоспособности.

Сравнивая энергопотребление на душу населения в различных регионах, можно сделать вывод, что НАФТА демонстрирует самый высокий уровень (почти в четыре раза выше среднемирового), хотя

Мексика несколько снижает этот показатель. Государства ЕФТА занимает второе место. Тихоокеанский регион OECD и Европейский Союз идут следом с энергопотреблением на душу населения немногим выше, чем двойной среднемировой уровень.

Среднемировая энергоёмкость несколько снижается с течением времени. Тихоокеанский регион OECD имеет самую низкую энергоёмкость ВВП в сочетании с наибольшим ростом эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (почти 4 % в год). Западная Европа имеет второй показатель, также демонстрируя рост эффективности, но с более низким годовым темпом его увеличения (1,3 %). NAFTA при таком же среднегодовом темпе роста эффективности (1,3 %), имеет уровень энергоёмкости на 16–20 % выше, чем Западная Европа. Но самый высокий показатель энергоёмкости наблюдается в бывших союзных республиках СССР, где имевшее место до 1990 года снижение энергоёмкости сменилось резким подъёмом, в результате чего были достигнуты «рекордные» цифры.

Таким образом, если энергопотребление на душу населения и энергоёмкость ВВП в макроэкономическом отношении отражают энергетическую ситуацию в стране, то вместе с ВВП на душу населения они представляют собой комплекс взаимосвязанных параметров, который характеризуется следующим соотношением $ip/g=1$, где энергоёмкость $i=G/P$; ВВП на душу населения $p=P/N$; энергопотребление на душу населения $g=G/N$, G – годовое энергопотребление; P – валовой внутренний продукт; N – количество населения.

Статистический анализ за период с 1974 г. по настоящее время свидетельствует, что энергопотребление на душу населения является достаточно консервативным параметром. Для большинства регионов и входящих в них стран изменяется незначительно, в пределах 5 % (от средней величины), за исключением бывшего социалистического лагеря в переходной период, а также африканского региона. Выражение $ip=g$ представляет собой гиперболу. Зависимость между i и p обратно пропорциональная: чем выше в стране (регионе) валовой внутренний продукт на душу населения, тем ниже энергоёмкость ВВП и наоборот.

После распада СССР и последовавшего за этим кризиса экономики независимых государств, образовавшихся на территории бывше-

го Союза, валовой внутренний продукт их стал резко падать, достигнув минимального экстремума, который в Беларуси составил 59 %, в Литве – 49,5 %, в Эстонии – 47 %, в России – 56 %, на Украине – 44,5 % и в Латвии – 42,4 % относительно уровня 1990 года. При этом энергоёмкость ВВП изменялась не однозначно. Увеличиваясь с падением ВВП, или уменьшалась с его ростом, энергоёмкость ВВП, как индикатор отразила те сложные многообразные процессы, которые проходили в перечисленных странах. Безусловно, в стихии тех сложных обстоятельств и нестабильности, в которых оказались новые независимые государства, нельзя абсолютизировать значение одного, пусть и чрезвычайно важного параметра, тем более что энергоёмкость ВВП содержит такую крупную инерционную составляющую, как удельное энергопотребление жилищно-коммунального сектора.

Не вдаваясь в детальный анализ некоторых аномальных случаев, можно констатировать (табл. 2.5), что улучшение экономической ситуации в стране (увеличение ВВП) ведёт к снижению энергоёмкости валового внутреннего продукта. Это чётко прослеживается особенно в тех странах, где государственное регулирование проявляется в меньшей мере. Так страны (Польша, Венгрия, Чехия, Словакия и др.), ставшие на путь реальных рыночных реформ, добились впечатляющих успехов: существенно превысили уровень ВВП 1990 года практически без увеличения потребления топливно-энергетических ресурсов (Польша) или даже со снижением его (Чехия, Венгрия, Словакия), резко уменьшили энергоёмкость ВВП, несколько приблизившись к развитым странам.

Таблица 2.5 – Показатели энергоёмкости валового внутреннего продукта

Страна	Показат.	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Беларусь	G	43.3	43.1	37.9	29.2	26.20	24.0	21,1	21,7
	P	34.7	35.8	30.8	26.7	22.5	20.6		
	i	1.25	1.21	1.23	1.09	1.16	1.17		
Россия	G	887.4	284.7	729.7	687.1	633.9	628.2	325,6	328,9
	P	579.1	542.1	450.1	393.8	339.7	346.4		
	i	1.53	1.45	1.62	1.75	1.87	1.81		

Таблица 2.5 – Продолжение

Страна	Показат.	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Украина	G	252.6	250.6	219.9	193.7	165.8	162.2	72,0	70,2
	P	157.7	140.6	155.0	127.5	90.1	80.1		
	i	1.60	1.78	1.42	1.52	1.84	2.02		
Эстония	G	10.1	9.3	6.6	5.6	5.7	5.4	6,3	6,6
	P	6.8	6.0	4.3	3.9	3.9	6.1		
	i	1.49	1.55	1.52	1.41	1.48	0.90		
Латвия	G	8.4	7.1	5.7	4.3	4.6	4.0	5,8	6,0
	P	12.5	11.0	6.4	5.3	5.5	5.7		
	i	0.67	0.64	0.89	0.81	0.84	0.7		
Литва	G	16.9	17.8	11.0	8.8	7.8	8.7	7,3	7,6
	P	12.8	9.7	7.6	6.3	6.5	7.1		
	i	1.32	1.84	1.45	1.40	1.21	1.23		
Польша	G	97.9	96.3	95.4	96.8	97.3	99.3	123,9	130,7
	P	59.0	76.5	94.4	96.0	92.6	117.7		
	i	1.66	1.26	1.13	1.13	1.05	0.84		
Чехия	G	48.8	43.8	43.7	40.9	39.5	39.0	46,7	48,2
	P	31.6	24.3	28.0	31.2	36.0	44.8		
	i	1.54	1.80	1.56	1.31	1.10	0.87		
Словакия	G	19.5	19.2	17.4	17.2	16.8	17.5	18,6	19,7
	P	15.5	10.8	11.8	12.0	13.8	17.4		
	i	1.26	1.77	1.48	1.43	1.22	1.01		
Венгрия	G	28.6	27.1	25.1	24.8	24.5	25.1	44,1	45,3
	P	33.1	33.4	27.3	38.6	41.5	43.7		
	i	0.87	0.81	0.67	0.64	0.59	0.57		
Германия	G	355.1	347.3	340.6	337.7	336.3	339.3	2449,6	2483,9
	P	1658.9	1719.5	1969.5	1908.2	2046.0	2415.8		
	i	0.21	0.20	0.17	0.18	0.16	0.14		
Дания	G	18.3	20.2	19.4	19.8	20.6	20.5	176,4	180,3
	P	129.1	129.4	141.8	134.8	146.0	172.2		
	i	0.14	0.16	0.14	0.15	0.14	0.12		

Примечание: приведенные данные имеют следующую размерность:

G (млн. тнэ); P (млрд. USD); i (кг нэ/USD)

2.3. ЭНЕРГОЕМКОСТЬ, СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Высокоразвитые страны отличаются высоким уровнем энергопотребления на душу населения и низкой энергоемкостью ВВП (рис. 2.3). В то же время, если говорить об удельном потреблении первичной энергии в сутки, то энергообеспеченность Украины значительно отстает (табл.2.6.) от развитых стран мира (здесь и далее использованы данные [63–64]).

Таблица 2.6 – Удельное годовое потребление энергии т. у. т./чел
(по данным Международного энергетического агентства)

Страны	Годы		
	1990	2000	2005
США	14,2	15,5	15,6
Япония	5,2	6,2	6,3
ЕС- 15	5,7	6,2	6,4
КНР	0,8	1,0	1,2
Индия	0,3	0,5	0,5
Турция	1,3	1,6	1,8
Восточная Европа	4,6	3,4	3,6
СНГ	7,5	5,1	6,2
Украина	7,1	3,7	4,3

Технологический уровень страны косвенно характеризуется потреблением электрической энергии на человека (кВт час/чел). В Украине в 2005 году оно составляло 3789 кВт·час/чел (табл.2.7.), что в 2–3 раза ниже, чем в развитых странах мира. Отметим, что в 1990 году этот показатель в Украине был относительно выше и составлял 5198 кВт час/чел. Отставание последних лет вызвано резким падением потребления электрической энергии промышленностью и сельским хозяйством в 90-х годах.

Структура первичных энергетических ресурсов в производстве электрической энергии и тепла электростанциями объединенной энергетической системы Украины представлена в табл. 2.8.

Таблица 2.7 – Удельное годовое потребление электрической энергии кВт·ч/чел (по данным Международного энергетического агентства)

Страны	Годы		
	1990	2000	2005
США	11086	13062	12792
Япония	6169	7433	7727
ЕС- 15	5488	6393	6813
КНР	477	933	1170
Индия	304	473	485
Турция	910	1702	1592
Восточная Европа	3426	3182	3458
СНГ	5131	3842	4731
Украина	5198	3412	3789

Таблица 2.8 – Структура использования энергетических ресурсов в энергетике Украины, стран ЕС и СНГ

Вид энергоресурсов	Единицы измерения	1995	1996	1997	2001		
		Украина			ЕС	СНГ	
Уголь	млн т	39,6	31,3	29,9			
	млн т у. т.	24,3	18,2	18,0			
	%	34,0	29,9	26,8	23	21	27
Нефть	млн т	2,4	1,7	1,3			
	млн т у. т.	3,3	2,3	1,8			
	%	4,6	3,8	2,7	18	42	40
Газ	млн т	14,4	14,3	12,8			
	млн т у. т.	16,5	16,3	14,6			
	%	23,1	26,7	21,8	43	21	23
Гидроэнергия	млн т у. т.	3,4	2,4	3,6			
	%	4,8	3,9	5,4			
Ядерная энергия	млн т у. т.	23,9	21,8	29,0			
	%	33,5	35,7	43,3	16*	16*	10*
Всего	млн т у. т.	71,4	61,0	67,0			

Для 2001 г. приведены данные использования ядерного топлива и других энергоресурсов (всех, кроме угля, нефти и газа).

До конца XX ст. и на перспективу основными видами энергетических ресурсов конденсационных электростанций Украины были уголь и ядерное топливо, а основным производителем электроэнергии – атомные электростанции.

Как видно из табл. 2.8. до 1997 г. потребление органического топлива уменьшалось: угля с 24,3 до 18 млн т у. т., газа – с 23,1 до 21,8 млн т у. т., мазута – с 4,6 до 2,7 млн т у. т. Вместе с тем увеличивалось использование ядерной энергии (с 33,5 до 43,3 млн т у. т.). После 2000 г. структура использования энергоресурсов в Украине изменилась и относительно нефти и газа значительно отличается от стран Европы и СНГ.

Производство энергии в Украине во многом зависит от импорта энергоресурсов. Часть собственных ТЭР составляет в топливно-энергетическом балансе страны не более 50 %. Обеспеченность собственным углем оценивается на уровне 92 %, нефтью – 18 %, природным газом – 22 %. Ядерное топливо (Твелы) целиком импортируют из России. Существует две основные причины такой зависимости: высокая энергоемкость валового внутреннего продукта и отсутствие реальной политики энергосбережения во всех областях народного хозяйства Украины.

Высокий уровень энергоемкости ВВП Украины обусловлен несовершенством структуры ее экономики, физическим и моральным износом применяемых технологий, отсутствием экономических стимулов эффективного использования энергоресурсов. Как следствие с 1990 по 2000 г. энергоемкость ВВП увеличилась в среднем на 40 %, в частности, топливеемкость – на 35 %, электроемкость – на 50 %. Связано это и с тем, что, несмотря на сокращение объемов производства, практически не изменился расход энергии и топлива на общие нужды предприятий, в особенности, в жилищной и коммунально-бытовой сфере (табл. 2.9).

Таблица 2.9 – Электробаланс в Украине, млрд. кВт·ч

Показатели электробаланса	1990	1994	1998	1999
Произведено электроэнергии	298,5	202,9	172,8	172,1
Получено электроэнергии за пределами Украины	15,3	12,4	10,0	7,0

Таблица 2.9 – Продолжение

Показатели электробалланса	1990	1994	1998	1999
Потреблено отраслями экономики:				
промышленностью	166,0	104,5	82,7	79,9
строительством	4,0	2,1	1,4	1,2
сельским хозяйством	28,5	27,0	15,7	14,9
транспортом	14,5	10,9	9,7	9,5
коммунальным хозяйством	23,1	26,0	25,1	25,7
предприятиями и организациями связи, культуры, охраны здоровья, торговли и т.д. в городах и поселках городского типа	12,0	9,7	7,5	7,3
Потери в сетях общего использования	21,9	21,7	30,0	30,2
Отпущено электроэнергии за пределы Украины	43,8	13,4	10,7	10,4

Уровень энергозависимости Украины от поставок ТЭР подобен развитым странам ЕС (60,7 % – 2004 год, 54,8–2005 год), но характеризуется отсутствием диверсификации источников первичных энергоносителей, прежде всего, нефти, природного газа и ядерного топлива. Это наглядно демонстрируют данные, представленные на рис. 2.4.

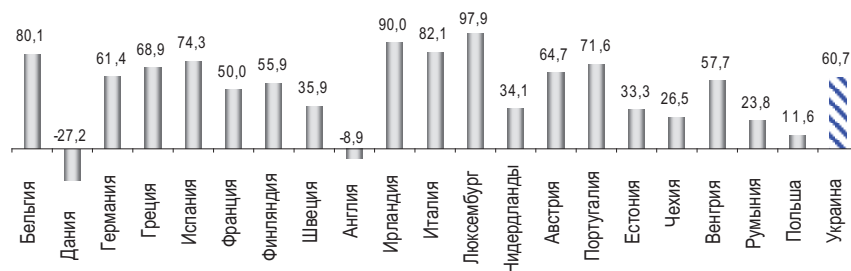


Рис.2.4 – Энергетическая зависимость Украины и стран мира в 2000–2004 гг, %

В структуре потребления ТЭР в Украине к началу XXIст. наибольший объем составлял газ – 41 % (в странах мира 21 %); объем потребления нефти – 19 %, угля – 19 %, ядерного топлива – 17 %, гидро-ресурсов и других возобновляемых источников – 4 % (табл. 2.10).

Таблица 2.10 – Структура потребления энергии к началу XXI ст.

ТЭР, %	В мире	Украина	ЕС-15	США
Природный газ	21	41	22	24
Нефть	35	19	41	38
Уголь	23	19	16	23
Уран	7	17	15	8
Гидроэнергетика и другие возобновляемые ресурсы	14	4	6	7
ВСЕГО	100	100	100	100

Отсутствие политики диверсификации и ориентация на использование преимущественно природного газа, увеличивает энергозависимость Украины и, как следствие, существенно влияет на ее энергетическую безопасность. Решить данную проблему возможно за счет увеличения доли твердого топлива в производстве электрической и тепловой энергии, что позволит снизить зависимость экономики Украины от дорогого импортного газа. Однако перераспределение видов ТЭР в сторону каменного угля обостряет и без того непростую экологическую обстановку, прежде всего в больших промышленных центрах.

Как было показано ранее, наиболее обобщенным показателем эффективности использования потенциала ТЭР является энергоемкость ВВП, которая для Украины в 2–4 раза выше аналогичного показателя многих развитых стран (рис.2.5).

Из представленной на рис.2.5. диаграммы, видно, что перед Украиной стоит сложная задача: понизить к 2030 г. – энергоемкость до среднемирового уровня (0,4 кг. у. т./\$США). Для этого, если исходить из стратегии развития энергетики Украины до 2030 г. темпы изменения ВВП и потребления энергии должны изменяться так, как это показано на рис. 2.6 и 2.7. Достижение подобных показателей возможно за счет энергосбережения путем технической и структурной перестройки экономики страны:

- технической (технологической): за счет модернизации или замены энергоемких технологий, повышения энергоэффективности промышленного и социально-коммунального сектора, снижения потерь энергоресурсов;

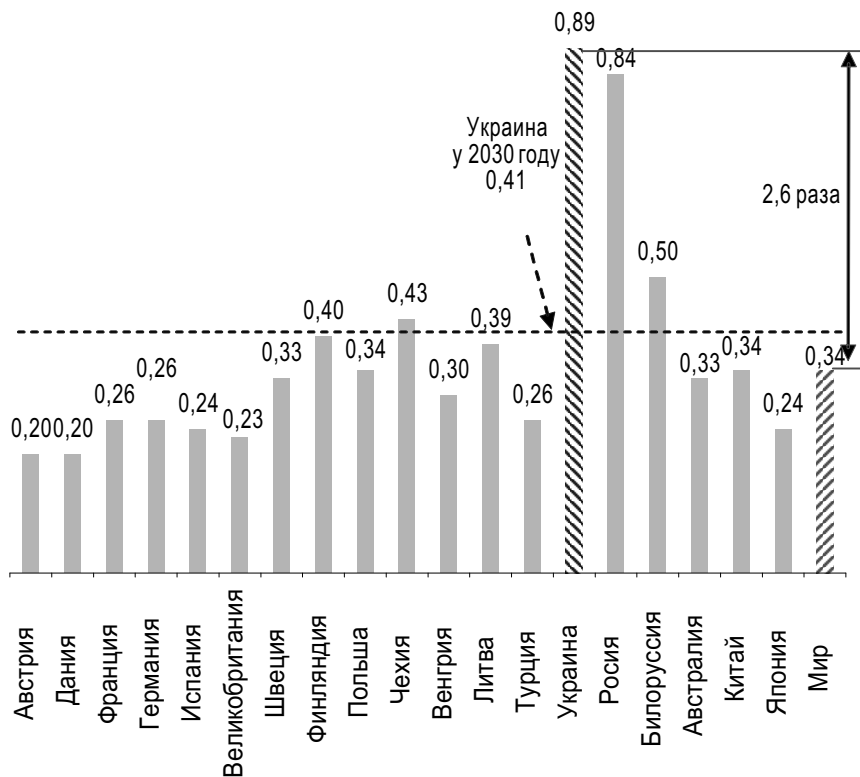


Рис.2.5 – Энергоемкость ВВП государств мира, кг. у. т./\$ США (ПКС)
 (*Key World Energy Statistics, 2003, 2004)

- структурной: путем коренных структурных изменений экономики в целом для создания малоэнергоемких и малоресурсоемких технологий.

Все это возможно лишь при обязательном переходе к рыночной политике формирования цен на энергоресурсы (как первичные так и вторичные). Следует помнить и реализовать преимущества естественно – климатических условий Украины, которые позволяют эффективно использовать нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: метан угольных месторождений, биогаз бытовых отходов, энергию ветра, солнечную и геотермальную.

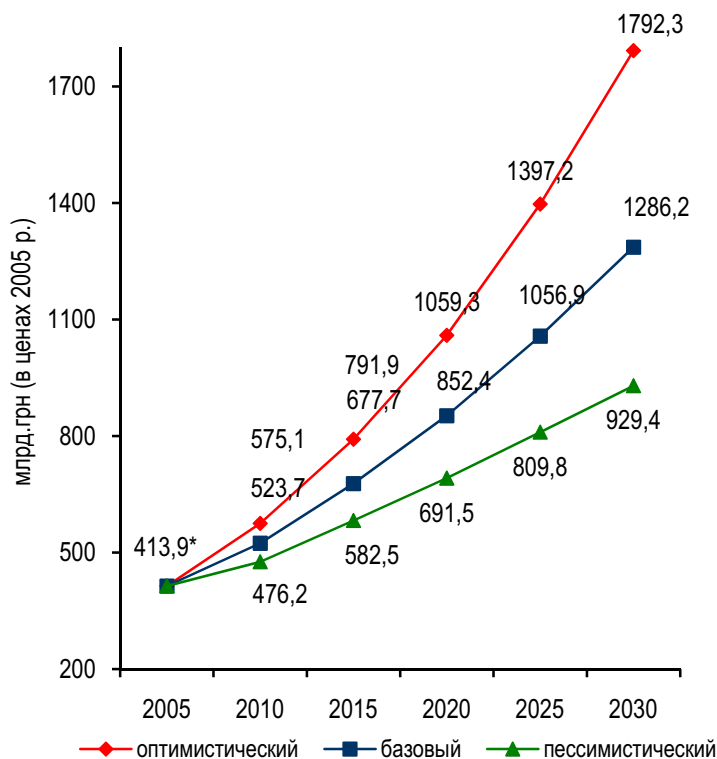


Рис. 2.6 – Прогноз объемов производства ВВП, млрд. грн. (цены 2005 г.)

2.4. ЭНЕРГЕТИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

2.4.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Структура энергетики за прошедший век существенно изменилась. Главный энергоноситель XX века – уголь отошел на второй план и был заменен нефтью и газом. Сложилась следующая структура первичных энергоносителей: нефть – 35 %, газ – 20 %, уголь – 20 %, ядерная энергия (уран – 25 %) [66].

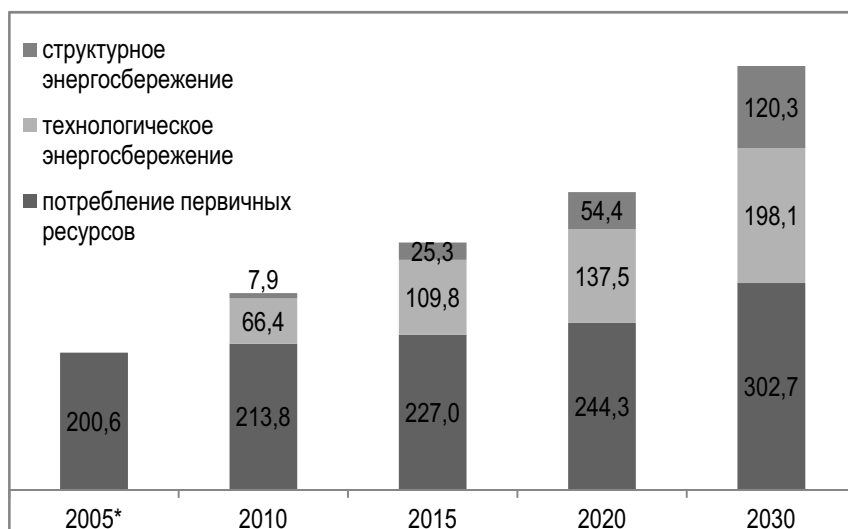


Рис. 2.7 – Прогноз динамики потребления первичных ресурсов, уровней структурного и технологического энергосбережения до 2030 года, млн. т у. т.

Ветровая, солнечная и геотермальная энергии пока еще имеют несущественное и местное значение из-за малой мощности, сложной технологий, высокой стоимости и нередко, по причине их негативного влияния на окружающую среду. Например, из-за сильных вредных для человека шумов для ветровых установок нужны большие земельные отводы, превышающие нормативы для топливных станций на единицу энергии в 20 раз (табл. 2.11). Геотермальные станции даже на самых активных гейзерах в Калифорнии, где температура на глубине 1 км достигает 250 °С, пока не могут превысить 10 % энергетики региона [91].

Как видно, среди современных энергоносителей преобладают углеводороды. Текущие ресурсы нефти оцениваются в 300 млрд. т, газа – несколько больше, угля – до 10 трлн. т. Самых удобных энергоносителей нефти и газа –должно хватить еще на 30–50 лет, по разным оценкам, при современном уровне добычи [91].

Таблица 2.11 – Экономические и экологические показатели электростанций [66] (по данным Института по изучению энергоресурсов EPRI, США)

Типы электростанций	Себестоимость, Цент/кВт•час	Удельные капиталовложения \$ США, кВт	Отчуждение земельных угодий м²/кВт
Геотермальные:			
Природный пар (250°C)	2,1	300	15
Перегретая вода – бинарный цикл (150°C)	5,1	До 850	18,2
Горячие породы – геоциркулярные системы (250°C)	6,8	До 950	20,0
Топливные			
Уголь (20 \$ США/т)	2,9	600	16,2
Мазут (30 \$ США/баррель)	6,3	800	12,2
Сланцы, битумы	5,8	1450	16,2
Биомасса	9,5	1100	2630
Атомные			
На тепловых нейтронах	3,4	1250	8,1
На быстрых нейтронах	4,4	1500	8,1
Солнечные			
На фотоэлементах	11,5	2000	80,1
термодинамические	9,3	2650	80,1
Ветровые	4,7–7,0	1850	324
Гидравлические			
ГЭС	1,1	2000	100
Приливные	20	2500	0

После 1980-х годов техногенез все более негативно влияет на окружающую среду. Прежде всего, это следствие использования в энергетике углеводородного топлива, проявляющееся в загрязнении атмосферы и биосферы пылью, оксидами углерода, азота, серы, метаном, органическим веществом, в повышении температуры и в загрязнении городов промышленными токсичными отходами. С этими явлениями связаны негативные для окружающей среды

последствия: глобальное потепление, ураганы, наводнения, угнетение и уничтожение многих видов флоры и фауны, ослабление здоровья людей и эпидемии, выгорание кислорода атмосферы.

Производство энергии и тепла на базе использования минеральных топлив является уникальным по масштабам материального и энергетического обмена с окружающей средой. Это обусловлено тем, что, потребляя огромное количество природных первичных ресурсов в виде твёрдого, жидкого и газообразного топлив, годовой расход которого приблизился к 14 млрд. т н. э. (удельного топлива в нефтяном эквиваленте) и кислорода воздуха – 87,5 млрд. т., энергетическое производство выдаёт товарный продукт в виде газообразных и твёрдых продуктов сгорания.

Экология и экономика природопользования пока ещё не в состоянии в полной мере оценить ущерб, причиняемый природе и народному хозяйству выбросами в атмосферу и водоёмы загрязнённых веществ, порождаемых сжиганием топлива. Более детально вопросы энергогенерирования и влияния энергетики на окружающую среду будут рассмотрены в следующих разделах. Тем не менее, не боясь в какой-то степени повториться, отметим основные положения.

Традиционные способы выработки тепловой и электрической энергии в котельных и ТЭС сопряжены с разносторонним негативным глобальным и локальным воздействием на окружающую среду вызываемым:

- выбросом в атмосферу таких вредных веществ, как оксиды серы, азота, монооксиды углерода, твёрдые частицы золы, концентрированные органические вещества, в частности банз (а) пирен и др.;
- выбросом огромных количеств диоксида углерода, являющегося основным фактором возникновения «парникового эффекта»;
- тепловым загрязнением окружающей среды;
- сбросом минерализованных и нагретых вод;
- потреблением в больших объёмах кислорода и воды.

При сгорании углеводородного топлива выжигается значительное количество атмосферного кислорода. До 2000 г. – 0,5 %, до 2010 г. – 1,0 %, а до 2200 г. – около 2 % кислорода атмосферы при со-

хранении сегодняшних темпов роста потребления углеводородного топлива.

К тому же окружающая среда значительно загрязняется все увеличивающимся количеством отходов переработки и сжигания углеводородного топлива, такими, как CO , CO_2 , NH_3 , H_2S , CN , твердыми и жидкими отходами, которые быстро усваиваются биосферой и отравляют ее.

Так, при сжигании угля в атмосферу выделяется зола с частицами несгораемого топлива, сернистый и серный ангидрид, оксиды азота, некоторые количества фтористых соединений, а также газообразные продукты неполного сгорания. Летучая зола в некоторых случаях содержит помимо нетоксичных составляющих и вредные примеси. Например, в золе донецких антрацитов в незначительном количестве содержится мышьяк, а в золе Экибастузских углей и некоторых других месторождений – свободный диоксид кремния, в золе сланцев и углей Канско-Ачинского бассейна – свободный диоксид кальция.

При сжигании мазута в атмосферный воздух с дымом и газами поступают: сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, газообразные и твердые продукты неполного сгорания топлива, соединения ванадия, солей натрия, а также веществ, удаляемых с поверхности котлов при их чистке.

Природный газ в экологическом плане наиболее чистый вид топлива. При хорошо организованном сжигании природного газа в качестве вредных веществ выделяются только оксиды азота и в незначительных количествах оксиды серы.

Несмотря на столь негативный характер влияния продуктов сгорания угля на окружающую среду, производство электричества осуществляется, в основном, на твердом топливе. Если в 1974 году последнее составило 50 % среди всех используемых ресурсов, то к середине 90-ых годов его доля увеличилась до 60 %. Потребление нефти, наоборот, достигнув пика в 1980 году, приобрело стабильную тенденцию к падению (2.6 % в год). Применение газа для генерирования энергии постоянно растёт, что, безусловно, весьма положительно.

Предпочтение, которое отдаётся углю в производстве электроэнергии понятно. Как уже отмечалось, в настоящее время разве-

данные запасы каменного угля составляют 87 % всех горючих ископаемых источников энергии на планете. Его энергетические возможности более чем в шесть раз превышают те же возможности нефтяных пластов. Общие мировые запасы каменного угля, включая прогнозируемые месторождения, обладают энергетическим потенциалом в 25 раз превосходящим нефтяной. Если предположить, что человечество откажется от всех других источников энергии и будет использовать только каменный уголь, то с учётом ежегодного роста потребления энергии, а также неизбежных энергетических потерь его хватит примерно на 200 лет. Однако экологические последствия не преминут сказаться. К тому же современный уголь – уже далеко не тот, который наполнял подземные кладовые несколько десятков лет назад. Энергетике предстоит включить в свой «рацион» «трудный» и «грязный» уголь. Чтобы успешно сжигать его в котлах котельных агрегатов, щадя, насколько это возможно, окружающую среду, требуется совершенно новая технология.

Надежды 60–70-х годов XX ст. на неограниченный источник ядерной энергии пока не оправдываются, особенно после Чернобыльской катастрофы. Причина такой радиофобии находится в области социальной психологии и может быть преодолена. Тем более, что ресурсы других видов энергии несравненно меньше ядерной, а потребность человечества в энергии растет в геометрической прогрессии. К сожалению, ни гидроэнергетика, ни ветровая, ни солнечная, ни геотермальная энергетика и другие нетрадиционные ее виды не могут пока еще серьезно конкурировать с углеводородной и ядерной энергетикой.

Нетрадиционные виды энергетики при выработке энергии в количестве, приближающемся к удовлетворению потребностей экономики, становятся нерентабельными и экологически небезопасными, поскольку требуют больших затрат материалов, усилий по управлению и отчуждению значительных земельных угодий [65], утилизации и захоронению устаревших конструкций, минерализованных вод и др. (табл. 2. 11). Преимущество ядерной энергетики перед углеводородной заключается в неограниченных ресурсах и сохранении свободного кислорода атмосферы, конечно, при соблюдении всех необходимых мер безопасности. Эти меры могут быть достаточно

дорогими, но все же гораздо более дешевыми, чем бездумное сжигание атмосферного кислорода и загрязнение окружающей среды выбросами при использовании углеводородного топлива.

Особую роль энергетических ресурсов в жизнедеятельности общества наглядно продемонстрировал нефтяной кризис 1973–74 гг. Эти годы стали подлинной революцией в подходах к энергопотреблению в индустриальных странах, сумевших, практически не увеличивая потребление энергоресурсов, наращивать валовой национальный продукт. При этом их экономика подверглась коренной перестройке как в структурном, так и технологическом отношении. Энергоёмкость валового национального продукта стала, как уже было сказано, одним из важнейших и определяющих показателей макроэкономического и научно-технического состояния государств. Во «главу угла» была поставлена политика энергосбережения.

Таким образом, уровень развития энергетики и топливно-энергетического комплекса в значительной мере определяет темпы роста и технический уровень производства, состояние экономики и благосостояние общества в целом. Причём проблемы энергетики приобретают не только ярко выраженный технический, но экологический и социальный характер.

2.4.2. ЭНЕРГЕТИКА И БИОСФЕРА

Технократическая деятельность человека привела к росту загрязнения окружающей среды. Около 80 % всех видов загрязнения биосферы обусловлено энергетическими процессами, включая добычу, переработку, транспорт и использование топлива. Экологическая ситуация обостряется на всех уровнях – глобальном, континентальном, региональном и локальном.

В атмосферу ежегодно выбрасываются десятки миллиардов тонн диоксида углерода и других газообразных, парообразных соединений и твёрдых частиц, в том числе тяжёлых металлов, а также радиоактивных, канцерогенных и мутагенных веществ. Антропогенные источники приносят в атмосферу в 20 раз больше свинца, чем все остальные, в первую очередь, с выхлопными газами автомобилей

при использовании этилированных бензинов. Предельно опасными для человека являются канцерогенные углеводороды, выбрасываемые с выхлопными газами автомобилей и самолётов, а также с продуктами сжигания технологических и энергетических установок.

В настоящее время объём промышленной продукции в мире увеличивается за каждые 10 лет примерно в 2 раза. Если за весь период цивилизации человечество использовало 80–85 млрд. т. топлива, то половина этого объёма – за последние 20–30 лет. Во второй половине XX века значительно изменился топливно-энергетический баланс планеты: удельный вес нефти – 44 %, природного газа – 18 %, угля – 35 %. По оценке экспертов, всего органического топлива на уровне его использования в 2000 году может хватить человечеству примерно на 150 лет. До 2050 г. ~ 90 % всех известных мировых запасов нефти и газа могут быть исчерпаны.

Сейчас сжигают ежегодно около 2 млрд. т. угля. Этот процесс сопровождается выбросами в атмосферу миллиардов тон диоксида углерода и других вредных веществ. Наземная растительность и фитопланктон океанов уже не успевают потреблять такое количество диоксида углерода. В атмосферу планеты в период с 1860 г. по 1990 г., вследствие сжигания органического топлива, поступило около 200 млрд. т. диоксида углерода. Его содержание возросло на 30 %, из них 10 % – за последние 30 лет. При современных уровнях сжигания органических топлив уже в 2010 г. ежегодные выбросы диоксида углерода превысят 10 млрд. т.

Если этот процесс будет продолжаться и дальше, на Земле возникнет угроза «парникового эффекта», при котором атмосфера земли будет непрерывно нагреваться. Одновременно с увеличением содержания диоксида углерода в атмосфере снижается содержание кислорода, воспроизводство которого отстаёт от его производства.

Все более весомую роль играет антропогенное тепловое загрязнение окружающей среды за счет тепловых потерь энергетики, которое выявляется при микроклиматических исследованиях в мегаполисах и промышленно развитых районах, где температура увеличивается на 2–6 °C по сравнению с пригородными и сельскими районами. Сейчас для Украины оно увеличивает среднегодовую температуру приповерхностного воздуха на 0,03°С, для Франции –

на 0,1, для мира – на 0,005 °С. Тепловое загрязнение в мегаполисах имеет большие темпы роста – до 2050 г. оно увеличится в 8–10 раз.

Поэтому, говоря о повышении температуры атмосферы Земли, следует иметь в виду и это чрезвычайно важное обстоятельство. Развитие энергетики связано с потерями тепла, под которым подразумевается отвод низкотемпературного тепла при выработке электрической и тепловой энергии на тепловых и атомных электростанциях (ТЭС и АЭС). Это – прямые потери энергии используемых первичных энергоресурсов. Чем они выше, тем больше топлива расходуется. Снижение указанных потерь или повышение КПД электростанций, несомненно, позволит снизить темпы роста, как топливной составляющей, так и теплового загрязнения биосферы.

Однако тепловые загрязнения окружающей среды не только результат отвода тепла на ТЭС и АЭС. Энергия всех потребляемых ресурсов, в том или ином виде в конечном итоге преобразуется в низкотемпературное тепло и переходит в биосферу. Любое использование энергии означает преобразование (переход) её в низкотемпературное тепло. Исключений из этого правила мало, и их удельный вес в общем масштабе энергоснабжения и энергопотребления очень незначителен. Закон сохранения энергии должен соблюдаться всегда, а самое устойчивое положение энергии в земных масштабах – низкотемпературное тепло, под которым подразумевается температура, близкая к температуре окружающей среды.

Таким образом, почти всё энергопотребление переходит в низкотемпературное тепло. А это может нарушить тепловой баланс Земли. Многие тысячелетия данный баланс не нарушался. Установилось тепловое равновесие между Землёй, Солнцем и Космосом. Всё, что Земля получила от Солнца, частью накопилось на Земле, остальное излучалось в космическое пространство. Накопление происходило, в основном, за счёт естественной жизнедеятельности на Земле. Накопленная таким образом энергия заключена в том органическом топливе, которое сейчас добывается и тратится Человеком.

Тепловой баланс сформировал определённые климатические условия, в которых зародилась жизнь и расцвела цивилизация. Нарушение установившегося баланса может привести к измене-

нию как региональных, так и глобальных климатических условий. Таким образом, именно неконтролируемый рост энергопроизводства и энергопотребления может стать причиной реального нарушения теплового баланса.

В настоящее время величина мирового энергопотребления составляет сотые доли процента от энергии, получаемой Землёй от Солнца. Если эта величина возрастёт на порядок, температура у поверхности Земли начнёт резко повышаться. Последнее связано с тем, что излучаемая Землёй энергия пропорциональна температуре у её поверхности, возведённой в четвёртую степень. Поэтому, выделение тепла сверх количества, получаемого Землёй от Солнца, ведёт к росту температуры у поверхности. Например, увеличение энергопотребления до 1 % от количества солнечной энергии, поступающей на Землю, повлечёт за собой рост температуры у поверхности примерно на 0.7°C . С учётом темпов роста энергопотребления, сложившихся в настоящее время, такая ситуация возможна не ранее, чем через 100 лет.

Однако, следует иметь в виду, что коэффициент излучения Земли в мировое пространство величина не постоянная, зависящая от целого рода факторов. В частности, излучательная способность зависит от состояния и состава атмосферы. Так, запылённость атмосферы снижает излучательную способность Земли, но вместе с тем снижает поступление энергии Солнца, задерживая солнечные лучи. Аналогично влияют на тепловой баланс и водяные пары. Содержание в атмосфере углекислого газа резко изменяет излучательную способность Земли.

Данные явления связанные с тем, что углекислый газ свободно пропускает солнечные лучи к Земле, а теплоизлучение от Земли в космос затрудняет, представляют собой «парниковый эффект». По оценкам многих учёных указанные выше темпы роста содержания в атмосфере Земли углекислоты могут привести к росту температуры у её поверхности уже в начале XXI века. Большое количество углекислоты растворено в водах океана. Известно, что растворимость углекислого газа в воде зависит от температуры воды: чем ниже температура, тем лучше углекислота растворяется в воде. Следовательно, если температура воды в мировом океане начнёт

повышаться, это приведёт к выделению больших количеств углекислоты и усугублению «парникового эффекта».

Одно из экологически опасных явлений, связанных с развитием техногенеза – увеличивающаяся турбулентность в атмосфере. Она определяется не только глобальным потеплением, но и уменьшением содержания атмосферного кислорода. Это неизбежно вызывает ответную реакцию атмосферы, которая заключается в увеличении мощности процессов, вызывающих образование O_2 , т.е. усиливает грозовую деятельность. В урбанизированных районах бывшего СССР активность гроз увеличилась в среднем на 8 %, а в прибрежных городах – на 20 %, по сравнению с малонаселенными территориями [65]. Усиление грозовой активности в атмосфере сопровождается усилением ветров, ливней, ураганов (смерчей, торнадо, циклонов, тайфунов, буранов) и связанных с ними наводнений, цунами, селей, лавин, оползней, обвалов и других стихийных явлений, разрушающих жилища, хозяйственные объекты, сопровождающихся гибелью и травмами людей. Обычные для южных штатов США торнадо (до 1000 в год) уже часто достигают территории Канады. В Англии наблюдаются около 30 торнадо в год, а сильные ураганы периодически обрушиваются и на континентальную Европу. В конце 1999 г. через всю Европу – от Франции до Греции и Турции – прошел сильнейший ураган, вызвавший значительные разрушения.

Особенно опасны ураганы на побережьях, так как сопровождаются наводнениями. 70 % населения мира живет на 7 % территории суши. Причем не менее половины населения мира живет в тропической и субтропической зонах на побережье морей и океанов, которые особенно опасны для людей в случае стихийных бедствий, и прежде всего наводнений. Последние обычно обусловлены ураганами.

С начала ХХI в. уже несколько ураганов достигло Украины. Их количество и мощность, а также число жертв и разрушений с годами растут, что надо связывать с техногенными причинами. Сильные ураганы и дожди потенциально опасны для АЭС, в том числе для саркофага ЧАЭС, складов и поверхностных хранилищ радиоактивных и токсичных веществ. Возможны и другие явления, опасные для человека и природы, обусловленные техногенными факторами. На пороге ХХI века человечество, видимо, про-

шло пик гармоничного сочетания развития экономики и уровня народонаселения.

Подведем некоторые итоги сказанному. К чему же может привести рост потребления энергоресурсов? На первом этапе, который проходит уже сейчас, – это постепенное изменение региональных климатических условий жизни с постепенным ростом этих изменений по времени. На втором этапе начнутся: заметный рост средней температуры у поверхности Земли, существенное изменение региональных климатических условий и медленное повышение уровня океана. На третьем этапе будет происходить быстрый рост температуры. Так, если от 20 градусов до 40 температура поднимется за 70–100 лет, то от 40 до 60 градусов температура вырастет за 30 лет.

Такое увеличение температуры повлечёт за собой затопление огромных территорий, наиболее освоенных человеком. Будут потеряны не только огромные пахотные площади, но и многое из того, что создавалось человечеством на протяжении многих лет и веков: города, заводы, порты, огромные гидрокомплексы и т.д. Таковы некоторые из последствий энергопотребления в глобальном масштабе. Их одних достаточно, чтобы обратить особое внимание на экологические аспекты энергетики и энергопотребления. Не менее серьёзны и другие вредные воздействия, такие как загрязнение атмосферы пылью, снижение содержания кислорода в ней, загрязнение почвы, сточных вод и водоёмов.

Угрожающим становится состояние гидросферы (воды), основы нашей жизни. Недаром 80-ые годы XX века были объявлены ООН десятилетием борьбы за чистую воду, потребность в которой резко возросла с ростом энергетики, промышленного и сельскохозяйственного производства. Человечество ежедневно расходует примерно 10 млрд. т. воды, Каждая тысяча киловатт мощности тепловых электростанций требует миллионы кубических метров воды в год. Одновременно с ростом потребления воды наблюдается и резкое ухудшение её качества, что отрицательно сказывается на здоровье человека. «Самоочищение» биосферы, которое с давних пор выручало человека, уже не справляется с загрязнением гидросферы, особенно, в глобальном масштабе.

Состояние литосферы (почвы) также становится угрожающим. Не малый вклад в этот негативный процесс вносит энергетика. Практически все пригодные для земледелия места освоены человеком. Учитывая большие запасы гумуса в чернозёмах, подсчитано, что количество запасённой в них энергии в 20 и более раз выше, чем в суммарной биомассе высших и низших растений, а также животных этих ландшафтов. По аналогии с запасом в океане тепловой энергии, которой тоже в 20 раз больше энергии, ежегодно поступающей от Солнца, следует, что, используя чернозёмы, человечество живёт за счёт прошлых биосфер, как и при использовании органических ископаемых типа нефти, газа и угля.

Не менее сложное положение, чем с топливом, наблюдается в производстве сельскохозяйственных продуктов, без которых человечество просто не может существовать. В сельскохозяйственном производстве главную роль (около 80 %) играют зерновые, мировой сбор которых в 1980г составил 1600 млн. т. Причем пашни сейчас составляют более 14 млн. м², или 30 % всех сельхозугодий, на которые, в свою очередь, приходится около 1/3 площади суши Земли. За последние пятьдесят лет площадь пашен увеличилась почти в 2 раза, а урожайность зерновых – в 1,5 раза. Всей сельхозпродукции производится более 2000 млн. т в год. При таких темпах, вероятно можно увеличить производительность еще максимум в 3–4 раза, однако дальнейший рост будет затруднен из-за ограниченности площади суши Земли. Этот процесс будет болезненным для Земли, поскольку придется распахать все приспособленные территории под пашни и угодья и применять интенсивную агротехнику, что безусловно, приведет к серьезному экологическому кризису.

Итак, современное состояние биосферы (атмо-, гидро-, литосферы) является критическим. Поэтому нужны принципиально новые решения по экологизации энергетики, транспорта, промышленности и индустриального сельского хозяйства, являющихся основными антропогенными загрязнителями.

Международная комиссия ООН по окружающей среде и её развитию подготовила фундаментальное исследование «Наше общее будущее», где отразила острую необходимость глобальной переориентации общественно-политического, экономического, экономико-

технологического и культурного развития, осуществления для этого соответствующих национальных и планетарных проектов. Перед человечеством сейчас стоит серьёзная проблема: разрешение противоречий между человеком и природой. В случае их неразрешения природа разрешит их сама за счет человечества, которое будет отторгнуто как вредная составляющая, а эволюция пойдёт далее, но уже без него!

Искалеченная биосфера снова начнёт последовательно восстанавливать своё динамическое равновесие, но уже без людей, которые просто перестанут существовать на Земле. Поэтому речь должна идти о развитии производства, максимально удовлетворяющем потребности людей, оптимально вписывающемся в окружающую среду и не причиняющем ей вреда. Это в полной мере относится к энергетике и реализующему её назначению топливно-энергетическому комплексу. Проблема чрезвычайно сложная, не имеющая однозначного решения, так как эволюция не мыслит застоя, а развитие цивилизации невозможно представить без роста потребления энергии и энергоресурсов.

Здесь возможны подходы, как общего (глобального), так и местного (локального) плана. В глобальном плане – это регулирование производства энергии и роста потребления энергоресурсов на государственном и международном уровне; переход на новые, экологически чистые и малоэнергоёмкие технологии производства энергии; пересмотр отношения к процессу потребления, к признанным ценностям, всему укладу жизни, как отдельного человека, так и человечества в целом.

В этом контексте надо отметить комплексные мероприятия, принимаемые на международном уровне ООН. К ним относятся следующие [65].

1. Упорядочение роста народонаселения. Ограничение его до разумных пределов. Например, до роста народонаселения мира не более 0,8 % в год, характерного для цивилизованной Европы. В этом случае народонаселение мира удвоится за 86 лет, в то время как при современном росте в 2 % оно удваивается за 36 лет.
2. Ограничение роста добычи углеводородного топлива, который не должен превышать 0,3 % в год. В этом случае добыча и ис-

пользование углеводородного топлива удвоится за 230 лет и половина кислорода атмосферы будет выжжена за 1200 лет (когда наступит кислородное голодание для людей), в то время как при современных темпах роста 0,7 % оно удваивается за 100 лет, а половина кислорода атмосферы будет выжжена за 700 лет.

3. Компенсация дефицита энергии, связанная с ограничением добычи природного топлива, посредством внедрения кислородосберегающих и экологически чистых видов энергетики: ядерной, водородной, солнечной, ветровой, геотермальной, прибойной, приливной и др. Важны мероприятия по энергосбережению.
4. Оценка загрязнений окружающей среды вредными токсичными техногенными отходами, снижение их уровня, а также оценка техногенного усиления турбулентности в атмосфере – ураганов, с которыми связаны особо опасные для людей стихийные бедствия – наводнения, сели, обвалы и т. д.
5. Проведение комплекса фундаментальных исследований, научно обосновывающих и регламентирующих предложенные материалы по глобально – экологической проблематике в сети специально созданных крупных международных научно – исследовательских организаций.

Реализация указанных процессов требует разработки долгосрочных государственных программ, рассчитанных на многие десятки лет. Параллельно с ними, в качестве возможных мероприятий по снижению влияния энергетики и энергопотребления на биосферу, необходимо рассматривать те из них, которые могут уже сегодня дать существенную отдачу. Так, например, снижение выбросов вредных веществ энергетическими устройствами может быть достигнуто путём дальнейшего замещения мазута природным газом, совершенствования горелочных устройств, организации многоступенчатого сжигания топлива, применения прогрессивных способов очистки топлива от серы, повышения эффективности выработки электро- и теплоэнергии; соблюдения специальных режимов сжигания топлива и других мероприятий, включая создание тарифной и ценовой политики, стимулирующей разработку и внедрение экологически чистых технологий и оборудования.

Однако безусловным преимуществом и в смягчении энергетической проблемы, и в повышении жизненного благополучия населения обладает энергосбережение – одно из приоритетных направлений современной энергетической политики.

Самым красноречивым доводом в пользу энергосбережения представляются следующие цифры: экономия 1 т. угля сокращает выбросы золы на 250 кг., оксидов серы – примерно на 2 кг, оксидов азота – на 3 кг., оксида углерода – на 10 кг; экономия 1 т. мазута сокращает выбросы сернистого ангидрида на 40 кг, окиси углерода – на 12 кг; экономия 1000 метров кубических природного газа сокращает выбросы оксида азота на 2.5 кг., оксида углерода на 8 кг.

Если же учесть, что в результате повышения эффективности использования ТЭР возможно существенное снижение удельного расхода топлива на производство 1 кВт-ч электроэнергии, то нетрудно определить размер экологического ущерба, которого удастся избежать. Ещё более актуальным является развитие и использование возобновляемых источников энергии. Последнее особенно важно в контексте мер, принимаемых международным сообществом по снижению «парникового эффекта» и выполнению других обязательств связанных, с изменением климата Земли.

РАЗДЕЛ 3. СТРУКТУРА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Современная энергетика, в частности, энергетика современного города представляет собой сложную многоуровневую иерархическую структуру, предназначенную обеспечить комфортные условия проживания населения, а также нормальное функционирование расположенных на его территории промышленных предприятий, производств и учреждений. Лишь на основе надежно и эффективно работающей системы обеспечения города необходимой энергией и энергетическими ресурсами возможны жизнь и развитие города как единого территориального комплекса.

Политическая и экономическая независимость государства во многом определяется его энергетической обеспеченностью и независимостью. Все это связано с «производством» и «потреблением» энергии, которые входят в общее понятие «энергетики» о переходе энергии из одного состояния в другое. Производство и потребление энергии, одинаковые по своей физической сущности, но отличающиеся конечной целью и направленностью, являются главными образующими энергетической цепочки. Последняя, в свою очередь, определяет сущность и содержание энергоснабжения и энергопотребления.

Многообразие форм существования энергии, свойство их взаимопревращения позволяет использовать для производства и потре-

бления энергии различные энергоресурсы и энергоносители, определяет их взаимозаменяемость. Энергетическая ценность ресурсов, эффективность способов их преобразования, степень совершенства процессов и установок, технологических стадий энергетического производства определяется, в конечном итоге, коэффициентом использования энергоресурса (коэффициентом полезного действия энергоустановки).

Введем некоторые основные определения.

- *Энергетическая цепочка* (energy chain) характеризует поток энергии от добычи (производства) первичного энергоресурса до получения и использования подведенной конечной энергии.
- *Первичный энергоресурс* (primary energy resource) – энергоресурс (сырая нефть, природный газ, уголь, горючие сланцы, ядерная энергия, гидроэнергия, геотермальная, солнечная, ветровая энергия и т.д.), который не был подвергнут какой-либо переработке или преобразованию.
- *Энергоноситель* (energy carrier) – ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, предварительного обогащенный, переработанный, преобразованный, а также природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии.
- *Подведенный энергетический ресурс* (energy resource supplied) – энергоресурс, подведенный к энергетической установке для переработки, преобразования, транспорта или использования.
- *Конечная подведенная энергия* (find energy или energy supplied) – энергия, подведенная к потребителю перед ее конечным преобразованием в полезную работу (конечным использованием) или количество энергии в подведенном энергетическом ресурсе или (энергоносителе).

Важным свойством энергии является то, что в свободной форме ее невозможно накапливать на сколько-нибудь длительное время. Поэтому процессы производства и потребления энергии должны совпадать во времени или следовать непосредственно друг за другом и быть связаны между собой звеном передачи. Это оказывает определяющее влияние на характер производственных, технических и экономических связей энергетики с другими отраслями материального

производства, на структуру и формы развития собственно энергетики и систем энергоснабжения, под которыми будем понимать:

- Энергоснабжение – совокупность последовательных процессов производства, передачи и использования энергии.
- Система энергоснабжения – совокупность установок и устройств, предназначенных для целей энергоснабжения.

3.2. ЦЕПЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

На практике часто используется термин «виды энергии», под которым понимаются различные источники энергии или виды топлива. В частности, рассматриваются невозобновляемые топливно-энергетические ресурсы: ископаемые органические топлива (уголь, нефть, природный газ, торф, горючие сланцы), ядерная энергия. Существуют и другие топлива или источники энергии, например, биомасса, энергия солнца, энергия ветра, энергия волн, гидроресурсы, геотермальная энергия. Это возобновляемые источники энергии, являющиеся прямым результатом воздействия энергии солнца, тогда как ископаемые топлива получены в процессе биохимических реакций под воздействием энергии солнца сотни миллионов лет тому назад.

Все названные виды топлива представляют первичные энергетические ресурсы, которые являются производными от солнечной энергии, и образуют первое звено цепи превращения энергии – энергетической цепочки, представленной на рис. 3.1.

Данная диаграмма, наглядно демонстрирующая путь источника энергии от его исходного состояния до конечного потребления, представляет общую взаимосвязь между источниками энергии и видами конечной энергии. Например, сырая нефть, добываемая из недр земли, является первичным источником энергии, но имеет ограниченное применение. Она может быть преобразована в более полезные вторичные источники энергии, такие как, бензин, газ, нефть, мазут, тяжелое дизельное топливо и т.д. Подобная обработка связана с определенными потерями энергии. Затем вторичная энергия должна быть доведе-

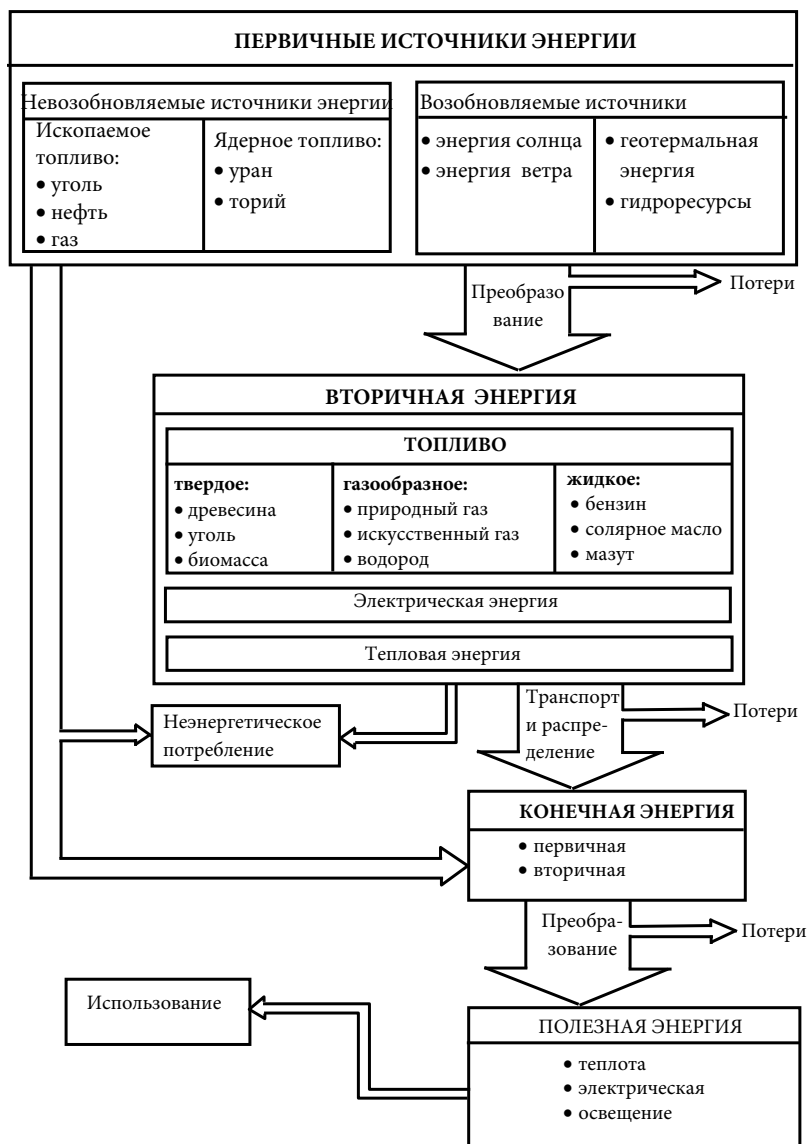


Рис. 3.1 – Структура энергоснабжения

на до потребителя. Это значит, что ее необходимо транспортировать и распределять, что сопряжено с дополнительными потерями энергии.

На этом этапе источник энергии представляет собой тот или иной энергоноситель, который на заключительном этапе преобразуется для получения полезной энергии и подачи ее в пункт потребления. Например, в процессе сжигания мазута в топке отопительной котельной получаем теплоноситель (водяной пар, горячую воду), подаваемый, в частности, на отопление и горячее водоснабжение городских объектов.

Основными природными (первичными) топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР), на которых базируется современная энергетика, являются ископаемое топливо (угли, торф, нефть, сланцы, горючие газы), продукты его переработки (моторное топливо, мазут, брикеты), водяные потоки (реки), ядерное горючее (уран, торий). Этим обстоятельством определяются следующие главные направления развития современной энергетики: теплоэнергетика (использующая ТЭР и определяющая масштабы топливодобывающей промышленности); гидроэнергетика (развивающаяся на базе гидроэнергетических ресурсов как отрасль по комплексному использованию водных запасов страны); атомная энергетика (основанная на преобразовании внутриядерной энергии в другие виды).

Основными видами продукции энергетического производства являются электрическая и тепловая энергия, в форме которых происходит потребление энергетических ресурсов на конечной стадии их использования. Устройства, в которых энергия природных энергетических ресурсов преобразуется в другие виды энергии, называются энергогенерирующими (или энергогенераторами), а использующие преобразованные виды энергии – энергоприемниками (потребителями или абонентами).

Таким образом, исходя из задач энергоснабжения и цепи превращения энергии, любая система энергоснабжения базируется на определенных энергетических ресурсах и включает в себя три главных элемента: источник энергии (энергогенератор), сети, (распределительные и транспортные) и энергоприемник (потребитель, абонент). Структура передаточных звеньев в системе определяется уровнем концентрации и централизации энергоснабжения.

Концентрация – процесс сосредоточения производства энергии на крупных энергетических предприятиях, т. е. увеличение единичной мощности и производительности энергетических установок и оборудования. Концентрация – важнейший фактор совершенствования технической базы и повышения эффективности энергетического производства.

Централизация – объединение потребителей энергии едиными для них энергетическими сетями и источниками энергии, определяемое, в первую очередь, неразрывностью во времени процессов производства и потребления энергии. Централизация в энергетике – форма рациональной организации энергоснабжения потребителей.

Концентрация и централизация энергоснабжения увеличивают дальность передачи энергии, что связано с дополнительными затратами и потерями энергии в распределительной системе. Снизить эти потери и увеличить дальность транспортирования позволяет повышение потенциала энергоносителей, используемых для передачи и распределения энергии. Поэтому важным элементом централизованных систем энергоснабжения являются трансформирующие (преобразующие) энергоустановки. Они предназначены для изменения и регулирования уровня потенциала энергоносителей и потребителей с различным уровнем потенциала распределяемой энергии, объединенных в одной системе.

Основной формой энергоснабжения во многих странах, в том числе и в Украине, были и остаются на длительную перспективу централизованные системы. Объединяя энергогенерирующие установки, трансформирующие и распределяющие устройства и энергоприемники, они характеризуются общностью принципов формирования и режима работы всех звеньев, взаимозависимостью процессов производства, распределения и использования энергии. Концентрация и централизация – необходимое условие создания эффективных форм энергоснабжения, расширения сфер и дальнейшего внедрения наиболее рациональных видов энергии в различные энергопотребляющие процессы. С этим связано объединение собственно энергетики и отраслей топливодобывающей и перерабатывающей промышленности в единый топливно-энергетический комплекс (ТЭК).

3.3. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Топливо-энергетический комплекс – один из самых крупных и четко выраженных комплексов любой национальной экономики, представляющий собой единую систему энергоснабжения страны и охватывающий совокупность процессов производства, преобразования, транспорта и распределения топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Главной целью функционирования ТЭК является эффективное и надежное обеспечение всех потребностей народного хозяйства государства, в частности, Украины энергией необходимого качества (электрической и тепловой), а также в виде тех или иных энергоносителей и рабочего тела. ТЭК состоит из двух экономически самостоятельных отраслей: электроэнергетики и топливной промышленности.

Электроэнергетика или энергетическая промышленность Украины охватывает совокупность процессов по производству, транспорту и распределению электрической и тепловой энергии, реализуемых: атомными электростанциями (АЭС); тепловыми электростанциями на органическом топливе (ТЭС, ТЭЦ); гидравлическими (ГЭС) и гидроаккумулирующими (ГАЭС) электростанциями, котельными, линиями электропередач, электрическими и тепловыми сетями Минэнерго; электростанциями, котельными и утилизационными установками ведомственных организаций и предприятий; распределительными электрическими и тепловыми сетями, не принадлежащими Минэнерго; энерго – и топливно-сбытовыми организациями.

Кроме перечисленных ТЭЦ, ТЭС, ГЭС, АЭС и других мощных источников тепловой и электрической энергии (как правило, системы Минэнерго) существует значительное число малых систем теплоэлектрогенерирования, которые рассредоточены по городам, населенным пунктам и различным отраслям промышленности. Это – районные отопительные и отопительно-производственные котельные, заводские ТЭС, ТЭЦ и котельные, промышленные печи,

бытовые энергоустановки, предназначенные для обслуживания нескольких зданий и сооружений, индивидуальных построек, коттеджей, частных домов и т. д.

Все эти энергогенерирующие источники имеют признаки отдельной (единой) отрасли со своей продукцией в виде тепло- и электроэнергии, со своими потребностями в топливе, оборудовании, материалах, инвестициях и т. д. И, главное, – со своим, весьма существенным, вкладом в обострение экологической обстановки. По сути, это – своеобразный топливно-энергетический комплекс, который принято называть малой энергетикой. Более того, перечисленный выше круг объектов «традиционной» малой энергетики, может быть расширен за счет так называемых нетрадиционных и возобновляемых источников энергии: установок и сооружений, использующих солнечную энергию, энергию ветра, геотермальную энергию, энергию мирового океана, биомассы, низкопотенциальную энергию и т. д.

Традиционная малая энергетика является наиболее топливоеккой отраслью ТЭК Украины. Так, в 1997 году только объектами коммунальной энергетики использовано более 65 млн. т условного топлива (т. у. т.) и выработано порядка 250 ПДж тепловой энергии (всеми тепловыми электростанциями на Украине в том же году произведено 324 ПДж тепловой энергии и израсходовано около 80 млн. т. у. т. из 300 млн. т. у. т., ежегодно потребляемого в стране).

Важной составной частью ТЭК является топливная и топливотперерабатывающие отрасли. Топливная промышленность Украины охватывает совокупность процессов по добыче природных видов топлива и их переработке (сортировке, обогащению, непосредственной переработке), реализуемых угольной, газовой, нефтяной (нефтедобывающей), нефтеперерабатывающей, торфяной и атомной промышленностью.

Экономика Украины представляет сложную интегрированную структуру с громадным объемом отраслей тяжелой промышленности. Длительное время после второй мировой войны республика являлась топливной, энергетической и металлургической базой Советского Союза. Причем, в машиностроении преобладало производство средств производства (71,2%). Постоянное наращивание

объемов производства ресурсоемкой и электроемкой продукции привело к тому, что Украина превратилась из экспортера топливных ресурсов в импортера. В то же время энергоемкость валового внутреннего продукта была в 244 раза выше среднего значения по Европе. Все это обострило ситуацию в энергетике при переходе цен энергоносителей на мировой уровень, в связи с чем энергетическая составляющая себестоимости продукции возросла практически по всем отраслям.

Несмотря на наличие в Украине производств с новейшими технологиями, большинство фондов промышленности (особенно, угледобывающей и энергетической), являются в настоящее время физически и морально устаревшими, требуют реконструкции или замены. Энергетика при этом играет особую роль, обеспечивая не только производство и комфорт, но в климатических условиях Украины – жизнедеятельность населения. Высокий уровень энергозатрат на единицу валового продукта Украины привел к перерасходу энергоресурсов в частности, в 1995 году на 60 %, по сравнению с необходимым, исходя из оценочного уровня валового продукта на душу населения.

Все это свидетельствует о большом резерве в совершенствовании национальной экономики, при котором особое значение приобретает политика энергосбережения во всех отраслях ТЭК. Отмеченные выше обстоятельства не могли не отразиться на деятельности топливной промышленности, некоторые результаты которой представлены в табл.3.1.

Таблица 3.1 – Добыча отдельных видов природного топлива в Украине в (1990–1995 гг.)

Показатели	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Уголь млн. т.	164,8	135,6	133,7	115,7	94,4	83,58
Нефть, включая газовый конденсат (млн. т)	5,3	4,9	4,5	4,25	4,2	4,009
Газ природный (млн. т)	28,1	24,3	20,9	19,2	18,3	18,12
Первичная переработка нефти (млн. т.), в том числе:	—	—	—	20,9	17,6	16,85
Дизельное топливо	—	—	—	3,28	4,6	4,26

Таблица 3.1 – Продолжение

Показатели	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Бензин промышленный	—	—	—	5,33	3,0	3,028
Топочный мазут	—	—	—	9,23	7,4	6,85

При пересчете на условное топливо ($Q^p_n = 7000$ ккал) с учетом торфа и дров в Украине в 1990 г. было добыто 163,1 млн. т. у. т. (100 %) при следующем балансе: уголь – 74,8 %; газ – 19,8 %; нефть – 4,8 %; торф и дрова – 0,6 %. В 1994 году общая добыча составила 99,2 млн. т. у. т. (100 %): уголь – 71,8 %; газ – 21,3 %; нефть – 6 %; торф – 0,4 %; дрова – 0,5 %. Интересно сравнить эти цифры с рекордной добычей в Украине прошлых лет: уголь (1976 г.) – 218 млн. т; нефть, включая газовый конденсат (1972 г.) – 14,4 млн. т; природный газ (1975 г.) – 68,7 млрд. м³, свидетельствующей о высоком топливно-энергетическом потенциале Украины.

Тенденции и объемы добычи в Украине отдельных видов органического топлива представлены в табл.3.2.

Таблица 3.2 – Баланс (в том числе прогнозируемый) добычи органического топлива в Украине

Вид топлива	Показатели	1990	1995	2000	2005	2010	2030
Уголь, млн. т.	Товарный уголь	164,8	83,58	62,4	64,6	81,9	130,3
	Собственная добыча	–	–	–	56,9	72,7	115,7
	Импорт	–	–	–	7,7	9,2	14,6
Нефть млн. т.	Добыча всего	5,25	4,09	3,69	4,3	8,7	14,6
	■ из собственных запасов	5,25	4,09	3,69	4,3	5,1	5,4
	■ за пределами Украины	–	–	–	–	3,6	9,2
Газ, млрд. м ³ .	Ресурсы газа всего	28,1	18,12	17,9	76,4	67,6	49,5
	Добыча	28,1	18,12	17,9	20,5	23,2	28,5
	■ из собственных запасов	–	–	–	0	2,3	11,6
	■ за пределами Украины	–	–	–	55,9	42,1	9,4
	Импорт	–	–	–	76,4	67,6	49,5
	Потребление						

Приведем краткую характеристику топливно-добывающей отрасли ТЭК (по состоянию на конец XX века).

Угольная промышленность. Разведенные запасы углей составляют 46,7 млрд. т, из них коксующихся – 13,9 млрд. т (29,8 %), антрацитов – 7,0 млрд. т (15 %), которые сосредоточены следующим образом:

- Донецкий бассейн: балансовые ресурсы каменного угля – 43,0 млрд. т, в том числе коксующихся – 13,5 млрд. т, антрацитов – 7,0 млрд. т, число действующих шахт – 261;
- Львовско-Волынский бассейн: балансовые ресурсы каменного угля – более 1,0 млрд. т, в том числе, коксующихся – 0,4 млрд. т; число действующих шахт – 17;
- Днепровский бассейн: промышленные запасы бурого угля – 2,28 млрд. т; из них пригодных для разработки открытым способом – 0,54 млрд. т; число действующих шахт – 6, разрезов – 7.

Как видно из таблицы 3.1., добыча угля в Украине непрерывно падает. Это объясняется старением шахтного фонда и усложнением горно-геологических условий добычи: на глубоких горизонтах (более 600 м) работают около 60 % шахт, добывающих более половины украинских углей; газоносными являются более 80 % шахт.

По оценкам запасов углей промышленной категории в Украине хватит еще на 250–300 лет. Но чтобы их взять, нужны инвестиции и новые технологии, высокоэффективные и экологически чистые, например, подземной газификации углей. Тем более, что удельные затраты энергоресурсов на добычу 1 тонны угля составляют – тепловой энергии 89,1 Мкал; электроэнергии – 125,1 кВт-час. На обогащение 1 тонны угля расходуется – 10,3 кВт-час электроэнергии, на производство 1 тонны угольных брикетов – тепловой энергии 1267,8 Мкал, электроэнергии – 66,5 кВт-ч.

Газовая промышленность. Балансовые запасы природного газа (нефтяного газа) в Украине составили 1460,2 млрд. м³, внебалансовые – 2,1 млрд. м³. Более 75 % всей добычи природного газа приходится на Днепровско-Донецкую, Прикарпатскую и Причерноморско-Крымскую газонефтеносные области (соответственно 85 %, 10 % и 5 %). Новые месторождения характеризуются небольшими запасами газа и сложной геологической структурой.

Удельный расход энергоресурсов на транспорт 1 млн. куб. м природного газа по магистральным газопроводам Украины составляет: тепловой энергии – 3,5 Мкал, электроэнергии – 8,8 кВт-час (в условном топливе – 32,1 кг).

Нефтедобывающая промышленность. Запасы нефти в Украине составляют 3,9 млн. т. Расположены в Западном (39 месторождений), Восточном (73) и Южном (8) регионах. Всего – 122 нефтяных месторождений, из которых 84 находятся в промышленной разработке. Запасы газового конденсата составляют 80,3 млн. т. Сосредоточены в 133 месторождениях, из которых 73 – в промышленной разработке. Для нефтедобычи характерен спад производства, связанный, в первую очередь, с выработкой действующих и отсутствием открытых за последние годы крупных и средних месторождений. Те, что разведаны, незначительны по запасам и залегают на больших глубинах. Удельный расход электроэнергии на транспортирование 1 тонны нефтепродуктов на 1 км по магистральным нефтепроводам составляет 10,4 кВт-ч.

Нефтеперерабатывающая промышленность. Представлена шестью нефтеперерабатывающими заводами общей мощностью 61833 тыс. т в год (Кременчугский – 18625 тыс. т в год, Херсонский – 8643, Одесский – 3917, Дрогобычский – 3880, Надвornянский – 3367, Лисичанский – 23461). Глубина переработки составляет 53–54 %, на топочный мазут приходится более половины всего производства. Качество нефтепродуктов ниже мирового уровня (например, содержание серы в дизельном топливе превышает 0,2 %).

Удельные расходы энергоресурсов на переработку 1 тонны нефти, включая газовый конденсат, составляют: тепловой энергии – 196,0 Мкал; электроэнергии – 53,6 кВт-ч (66,3 кг условного топлива).

Торфяная промышленность. При общих балансовых запасах – 734,8 млн. т, сосредоточенных, главным образом, в Ровенской (18 %), Волынской (18 %) и Черниговской областях (13 %), добыча топливного торфа весьма нестабильна. Основная продукция торфяных заводов – нефтяные брикеты, кусковой торф для отопления, торф для удобрений.

Атомная промышленность. В Украине отсутствует замкнутый цикл по производству ядерного топлива. Разведанных запасов ура-

новых руд хватит для производства ядерного топлива с учетом количества блоков АЭС более чем на 150 лет. Украинский уран после очистки содержит только 0,7 % урана – 235, тогда как атомные реакторы требуют 4 %.

Чтобы обеспечить украинскую экономику энергией и приостановить уменьшение народонаселения, наиболее реально увеличить выработку ядерной энергии в Украине с темпом 3–4 % в год, чтобы удвоить ее к 2025 году. Для этого нужно создать полный ядерный цикл. Сырьевая база урана Украины обеспечена лишь на 40 % из-за бедных руд и ограниченных его запасов – около 40 тыс. т. Необходим положительный сдвиг в этом направлении – открытие новых месторождений урана. Завершает ядерный цикл изоляция отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов (РАО). Глубинное захоронение РАО возможно в кристаллических массивах зоны отчуждения ЧАЭС [66].

По данным Всемирной энергетической конференции для обеспечения современных потребностей в топливе и энергоресурсах достаточно: нефти – на 30 лет, природного газа на 50–60 лет, угля на 500–600 лет; топлива для АЭС на тепловых нейтронах на 25–120 лет, на быстрых на 800–1000 лет. С учетом отсутствия в Украине замкнутого топливо-ядерного цикла и опасности АЭС, особенно на быстрых нейтронах (которых Украина пока не имеет и не известно, когда будет иметь), наиболее перспективным из освоенных энергоносителей в будущем остается уголь.

Таблица 3.3 – Мировые ресурсы энергоносителей

Энергоносители	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Нефть млрд. т	140,83	145,5	143,05	142,7
Природный газ, трл куб. м	146,45	145,19	155,64	155,78
Уголь, млрд. т	984,453	984,453	984,453	984,453

Вместе с тем понятно, что развитие энергетики Украины на длительную перспективу не может быть ориентировано только на использование угля. Это невозможно и не целесообразно, хотя в настоящее время многие государства построили свою энергетику именно на угле. Но и эти страны, в первую очередь, США, Германия,

Япония, Италия, Дания, Испания и другие ведут интенсивные поиски новых технологий, основанных, главным образом, на использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Так, в планах США предусмотрено строительство ветровых электростанций единичной мощностью 50 тыс. МВт (для сравнения суммарная мощность всех ветроустановок Украины составляет примерно 50 тыс. МВт), Великобритания за счет энергии ветра собирается в ближайшем будущем обеспечить 30 % электроэнергии.

3.4. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ

Топливо-энергетический комплекс Украины в настоящее время обладает достаточно высоким потенциалом. Как следует из данных, представленных на рис. 3.2, общий объем ее первичных источников энергии (ООПИЭ) в 1995 году составил 106,5 Мт. н. э (1 тонна нефтяного эквивалента = 41,86 ГДж).

Интересно сравнить ООПИЭ Украины и Великобритании – одной из ведущих стран Европейского Сообщества (ЕС) и Финляндии (рис.3.2, 3.3), ОПИЭ связан с общим объемом первичной энергии, потребляемой в странах как секторами спроса, включая промышленность, транспорт и коммунально-бытовые потребности, так и отраслью генерирования электроэнергии. В 1995 г. ООПИЭ в Украине составил 161,0 Мт. н. э по сравнению с 219,3 Мт. н. э в Великобритании и с 30,8 Мт. н. э в Финляндии (по данным 1998 года) (рис.3.3), которые распределились следующим образом (табл.3.2).

Существует некоторое сходство в структуре энергоиспользования топлива Украиной и Великобританией. Обе страны имеют общие пропорции в использовании атомной и других источников энергии. Твердое топливо, особенно уголь, является возрастающим в Украине и находится на том же уровне, что и в Великобритании перед реструктуризацией добывающей промышленности, прове-

Таблица 3.4 – Мировое потребление первичных ТЭР

Энергоносители	Потребление первичных энергоресурсов, млрд. т. у. г								Структура потребления, %			
	1999 г.		2020 г. прогноз				2030 г. прогноз		1999 г	2000 г	2020 г про-гноз	2030 г про-гноз
			мин	мах	возм	мин	мах	возм				
Всего	11,2	13,0	16,5	23	19,1	17,9	26,1	21,0	100	100	100	100
В т. ч												
В т. ч. твердое топливо	3,25	3,7	4,8	6,9	5,75	5,13	7,4	6,1	29	28,5	30	29
Нефть	4,4	5,0	6,1	7,8	6,6	6,45	8,9	7,3	39	38,5	34,6	34,8
газ	2,5	2,9	3,9	5,7	4,6	4,2	6,7	5,2	22	22,3	24,1	24,8
Атомная энергетика	0,8	0,9	1,0	1,7	1,35	1,06	1,9	1,3	7,0	6,9	7,1	6,2
Гидроэнергетика	0,3	0,35	0,5	0,55	0,5	0,58	0,65	0,6	2,7	2,7	2,7	2,6
Нетрадиционная и др. виды энергии	0,05	0,15	0,2	0,35	0,3	0,48	0,55	0,5	0,4	1,1	1,6	2,3

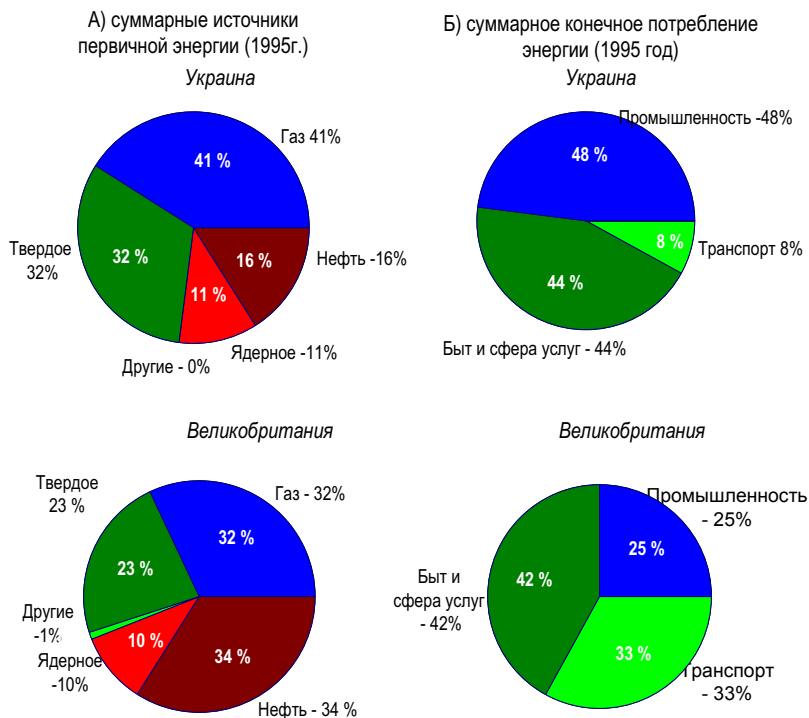
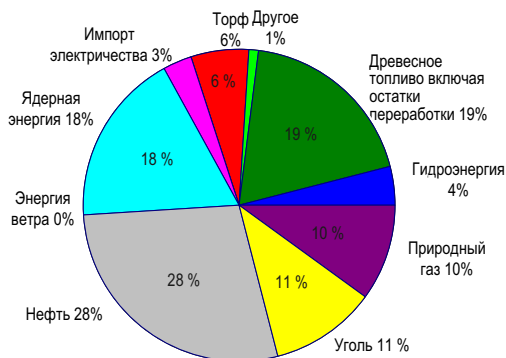


Рис. 3.2 – Суммарное количество первичной (а) и потребляемой (б) энергии по данным 1995 г.



**Рис. 3.3-Источники энергии
(общее потребление
30,8 млн т нефт. экв)**

Таблица 3.5 – Структура потребления первичной энергии (конец XX века).

Страна	Первичные энергоресурсы					
	Твердое топли- во	Нефть	Газ	Ядер- ное то- пливо	Другие виды	Всего (Мтэн)
Украина	32 %	16 %	41 %	11 %	0 %	106,5
Великобритания	23 %	34 %	32 %	10 %	1 %	219,3
Финляндия	36 %	27 %	10 %	18 %	9 %	30,8

денной в конце 1990 года. Меньшее количество нефти в Украине обусловлено, в первую очередь, меньшим количеством личных автомобилей и существенно возрастет по мере экономического прогресса. Потребление природного газа в Великобритании возросло, в основном, для выработки электроэнергии в связи с вытеснением использования угля.

В то же время, структура ООПИЭ Финляндии отлична от рассмотренных ООПИЭ Украины и Великобритании. Финская система получения энергии более универсальна, так как основана на разнообразных источниках энергии. Достаточно сказать, что если под «твердым топливом» в Украине и Великобритании имеется ввиду, главным образом, уголь, то в Финляндии – 36 % твердого топлива включают в себя: уголь – 11 %, древесное топливо (включая остатки переработки леса, древесный спирт, дрова) – 19 %, торф – 6 %, в другие виды энергоресурсов входят: 4 % – гидроресурсы, 3 % – импорт «чистого» электричества.

В Финляндии, по сравнению с другими странами, за последние десятилетия существенно уменьшилась доля использования для нужд энергетики нефти, экспорт которой легко подвержен экономическим и политическим кризисам. На финский рынок энергоресурсов пришли новые для государства источники энергии, такие как ядерная энергия, природный газ и торф, вместе с применением пока еще в небольших масштабах возобновляемых источников энергии (в первую очередь, гидроэнергии и биоэнергии). Для стран ЕС (1995 г.) при суммарном количестве 1268,5 Мтнэ в год имеет место следующее распределение первичных энергоре-

сурсов по видам топлива: нефть – 42 %; газ – 21 %; твердое – 18 %; ядерное – 14 %; другие – 5 %.

Напримере Украины и Великобритании рассмотрим, как распределяется ООПИЭ при суммарном конечном потреблении энергии (СКП). СКП учитывает энергопотребление основными секторами спроса (рис. 3.2): промышленностью, транспортом, бытом и сферой услуг (общественными и жилыми зданиями, на коммунально-бытовые услуги и т. д.).

Почти половина СКП Украины приходится на промышленность, характеризующуюся преобладанием энергоемких отраслей. Этим объясняются громадные затраты энергии, приходящиеся, главным образом, на металлургическую промышленность. Тогда как в Великобритании доля металлургии в общем промышленном потреблении составляет около 22 %. Наиболее разительное отличие наблюдается в транспортном секторе, связанное с различным уровнем количества автотранспортных средств и железнодорожного транспорта.

Таким образом, при качественном и, в определенной мере, количественном сходстве суммарных источников первичной энергии имеет место огромное различие в конечном ее потреблении. Если в Великобритании «промышленность» и «быт и сфера услуг» потребляют 66 % СКП, то в Украине – 92 %. Вся эта энергетическая нагрузка приходится на промышленные регионы и, в первую очередь, на крупные промышленные города. Именно техногенная нагрузка и связанные с ней экологические аспекты энергоснабжения и энергопотребления во многом определяют экологию крупных городов и промышленных регионов Украины.

Для формирования структуры энергоснабжения городов важное значение имеет характеристика потребителей энергии и энергопотребляющих процессов. К потребителям энергии в городах относятся жилые здания, предприятия и учреждения коммунально-бытового обслуживания, хозяйства и предприятия общественного питания, связи, учреждения просвещения, здравоохранения, культуры, искусства, спорта, административно-хозяйственные, учебные, научные и другие.

Потребление энергии на коммунально-бытовые нужды в зависимости от целевого назначения классифицируется следующим об-

разом: тепловые процессы (высокотемпературные, средне- и низкотемпературные); силовые процессы; освещение и потребление энергии на культурно-бытовые нужды. Это, а также сложившиеся направления развития энергетики городов, свойственные в настоящее время Украине (концентрация, централизация, централизованная теплофикация), определили и сформировали две функционально самостоятельные системы энергоснабжения: электроснабжение и теплоснабжение.

В Украине с 1991 по 2000 г. выработка электроэнергии уменьшилась с 279 до 170 млрд кВт·ч, из них: ТЭС – от 192 до 81, ГЭС – от 12 до 11. В тоже время, выработка электроэнергии АЭС возросла от 75 до 77 млрд. кВт·час [93]. Постепенная замена устаревших типов реакторов на более современные и безопасные при решении проблемы захоронения РАО является стратегическим направлением мировой и украинской энергетики. В настоящее время украинские АЭС вырабатывают 46 % электроэнергии, причем рентабельность работы «Энергоатома» Украины в 2001 г. превысила 100 %. Это свидетельствует о том, что атомная энергия занимает передовые позиции по указанным показателям и надежной альтернативы ей пока еще нет (рис. 3.4).

Присущая электроэнергетике тенденция к высокой концентрации и централизации, требующая высокой степени организации электроснабжения как отрасли хозяйства, создает объективные условия для рационального развития всего энергетического хозяйства городов. Формирование единого электроэнергетического хозяйства на базе городских коммунальных и районных электростанций явилось основой централизованного теплоснабжения городов. Ведущим направлением стала теплофикация (комбинированная выработка тепловой и электрической энергии), наряду с которой широкое развитие получает централизация теплоснабжения на базе котельных установок разного типа.

Следующей важной системой энергоснабжения городов является система газоснабжения. Газификация городов получила широкое развитие в 50-ые годы XX-го века. Благодаря газификации обеспечивается централизация топливоснабжения высокотемпературных процессов в быту, общественном и промышленном сек-

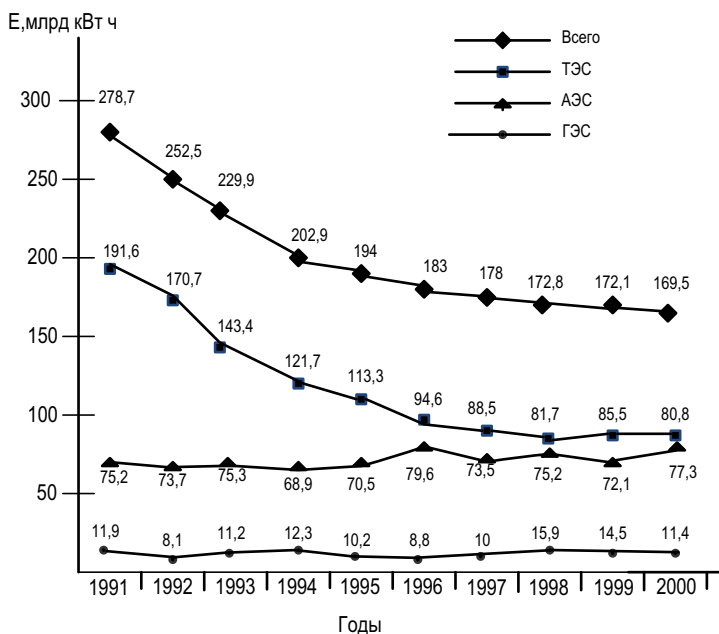


Рис. 3.4 – Производство электроэнергии в Украине за последние годы

торе; совершенствование структуры систем централизованного теплоснабжения в целом. Перевод местных тепловых установок всех видов на газообразное топливо способствует оздоровлению воздушного бассейна и улучшению общего экологического и санитарного состояния городов.

Развитие энергетики городов на современном этапе характеризуют следующие основные тенденции:

- Повышение удельного расхода энергоресурсов на нужды городского хозяйства.
- Опережающие темпы роста электропотребления по отношению к темпу роста потребления ТЭР в целом.
- Сокращение доли непосредственного использования топлива (повышение роли преобразованных видов энергии) в удовлетворении энергетических потребностей городов.

- Повышение «чистоты» производства энергии энергоиспользования.
- Повышение уровня газификации и увеличение доли природного газа в топливно-энергетическом балансе городов.
- Рост концентрации потребления энергии в больших городах (плотности нагрузки на 1 га или 1 км² и удельного расхода ТЭР на 1 человека).
- Сочетание централизованного энергоснабжения с децентрализованным, в первую очередь, теплоснабжением.
- Дальнейшее развитие газоснабжения городов в направлении совершенствования структуры и схемы распределительных сетей, повышения их параметров, модернизация работы городского хозяйства

Надежное функционирование всех систем энергоснабжения города (электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, не менее важной – водоснабжения, а если говорить о теплоэнергоснабжении промышленных предприятий, то еще и технического водоснабжения, воздухообеспечения, обеспечения продуктами разделения воздуха, кондиционирования воздуха и вентиляции) невозможно без надежной работы всего топливно-энергетического комплекса. Именно ТЭК определяет, в конечном итоге, уровень, тенденции и направления развития энергоснабжения и энергетики отдельных городов, регионов и страны в целом. При этом топливно-добывающая и перерабатывающая промышленность, энергогенерирующие предприятия оказывают определяющее влияние на окружающую среду и, в частности, формируют результаты взаимодействия энергоснабжения и экологии города.

Хотя в сравнении с другими источниками энергии нетрадиционные занимают сравнительно малое место, наблюдается тенденция их постепенного развития, в первую очередь, ветроэнергетики (северное побережье Европы, Калифорния, юг Украины), гелиоэнергетики (Нидерланды, США, Япония), биоэнергетики (Финляндия, Дания, Индия, Южная Америка).

Обеспечить надежное и стабильное энергоснабжение народного хозяйства Украины электрической и тепловой энергией при значительном уменьшении вредного влияния на окружающую среду можно следующим образом:

- техническое перевооружение и реконструкция действующих электростанций, электрических и тепловых сетей;
- освоение новых технологий сжигания углей путем создания соответствующего оборудования и парогазовых установок, в том числе, с внутренней газификацией углей;
- введение в число действующих энергоблоков АЭС высокой и средней степени готовности;
- дальнейшее развитие гидроэнергетики путем освоения гидро-ресурсов Западной Украины, модернизации малых АЭС, строительства ГАЭС;
- дальнейшее развитие теплофикации и теплоснабжения потребителей на базе ТЭЦ;
- создание собственного топливного ядерного цикла;
- ориентация на обеспечение энергетическим оборудованием собственного производства;
- создание необходимых условий для полного и своевременного обеспечения ТЭС украинским углем;
- когенерация, расширение объемов использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Главными приоритетами в развитии энергетики и энергоснабжения на длительную перспективу остаются энергосбережение и охрана окружающей среды.

3.5. ЭНЕРГЕТИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА – СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД.

Некоторые общие положения. В развитии энергетики можно выделить два основных принципа: первый – поиск в окружающей среде ресурсов, необходимых для обеспечения энергопотребления, второй – параллельное изыскание возможности более полного использования природных ресурсов (рационализация процессов и технологии добычи, обогащения, переработки и сжигания топлива, совершенствование энергетических установок и т. д.). С ростом

единичных мощностей блоков электрических станций и энергетических систем, удельных и суммарных уровней энергопотребления возникла задача ограничения загрязняющих выбросов в воздушный и водный бассейны, а также более полного использования их рассеивающей способности.

Еще более значительные масштабы развития энергопотребления в обозримом будущем предопределяют интенсивный дальнейший рост разнообразных воздействий на все компоненты окружающей среды в глобальных масштабах. Новые стороны проблемы взаимодействия энергетики и окружающей среды связаны с развитием ядерной энергетики, а также расширением практических мероприятий по предотвращению отрицательных воздействий на окружающую среду как в энергетике, так и во всех других отраслях народного хозяйства. При этом центр тяжести проблем охраны окружающей среды переносится на энергетику, что, естественно, приводит к изменению технико-экономических показателей энергоснабжения.

Проблема взаимодействия энергетики с окружающей средой затрагивает все отрасли народного хозяйства и социально-экономические условия общества. Более того, наблюдается определяющая роль условий окружающей среды в решении практических задач энергетики (выбор вида и типа энергетических установок, размещение предприятий, выбор единичных мощностей энергетического оборудования и др.). Таким образом, на современном этапе и в перспективе проблема взаимодействия энергетики и окружающей среды является весьма многосторонней, затрагивающей все аспекты жизнедеятельности человека, всего природного и растительного мира, включая ландшафт, недра, воздушный и водный бассейны, продукты питания.

В связи с этим особое значение приобретает рассмотрение проблемы взаимодействия энергетики и окружающей среды на основе системно-структурного анализа, позволяющего вскрыть многосторонние внутренние связи. Начало подобному классическому рассмотрению проблемы взаимодействия человека и окружающей среды положено академиком В.И. Вернадским. Фундаментом для количественных оценок различных взаимодействий являются

данные о развитии энергетики и об элементарных процессах взаимодействия различных типов энергетических установок со всеми компонентами окружающей среды. Рассмотрим общие методологические основы системного анализа проблемы «энергетика и окружающая среда». Для этого воспользуемся данными, представленными в работе [19.]

Характеристика энергетики как топливно-энергетического комплекса.

Энергетика и реализующий ее назначение топливно-энергетический комплекс (ТЭК) включает в себя получение, переработку, преобразование, транспортировку, хранение и использование энергоресурсов и энергоносителей всех видов. ТЭК обладает глубокими внешними и внутренними связями, определяемыми производством и использованием энергии (в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, коммунальном хозяйстве, на транспорте).

Выделим четыре основные стадии транспортировки первичных энергетических ресурсов (от природного состояния, находящегося в динамическом равновесии с окружающей средой, до конечного потребителя):

- извлечение, добыча или прямое использование первичных природных ресурсов энергии;
- переработка (облагораживание) первичных ресурсов до состояния, пригодного для преобразования или использования;
- преобразование связанной энергии переработанных ресурсов в электрическую энергию на тепловых, атомных и гидравлических электростанциях, в тепловую – в котельных и теплоэлектроцентралях;
- использование энергии.

Несмотря на единство всех этих стадий, каждая из них основана на различных физических, физико-химических и технологических процессах, различающихся по масштабам времени, функционированию и другим признакам. Такие сложные многозвенные структуры с развитыми внешними и внутренними связями могут рассматриваться как большие (сложные) системы, математические методы анализа которых характеризуются системным подходом. Определяющим при этом является разделение большой системы на подсистемы, на-

личие между ними подсистемами развитых связей; единство задач и наличие самостоятельных целей у каждой подсистемы; подчиненность частных целей общей; возможность альтернатив.

На рис.3.5 представлена схема большой системы «энергетика», которая наглядно иллюстрирует разнообразие присущих ей предприятий, процессов и разветвленность взаимосвязей. Как видим, имеются все системные признаки и структурные компоненты, позволяющие увязать сложные взаимосвязи «энергетики» в едином механизме действий, сформировать задачи управления системой, вскрыть роль всех подсистем. При этом большая система «энергетика» может рассматриваться в двух аспектах: как экономическая система и как техническая система кибернетического типа.

В первом случае невозможно математически точное описание системы, но учитывается активная роль человека во всех ее связях и влияние социальных методов и средств управления большими системами. Во втором – человек является только контролером происходящих событий, все связи компонентов энергетически материализованы, процессы непрерывны, что обуславливает их строгое математическое описание. В большой системе «энергетика», особенно для прогнозирования её развития, необходимо учитывать оба аспекта. При выборе моделей реальных систем используются математический и синтетический методы. Первый основан на приближении модели к реальной путем приближений входящих в нее компонентов, второй – на синтезе оптимальных моделей.

Как видно из рис. 3.5, наряду с оптимизацией внутренних связей при рассмотрении взаимодействия энергетики с окружающей средой основными показателями ее функционирования являются внешние связи – воздействие на ресурсы окружающей среды, их потребление, переработка и выбросы, а в качестве множеств и подмножеств системного анализа – совокупности энергетических блоков, электростанций, энергосистем и т. п.

Большая система «Окружающая среда». Как было показано, развитие энергетики оказывает воздействие на различные компоненты природной среды: на атмосферу (потребление кислорода, выбросы газов, паров и твердых частиц), на гидросферу (потребление воды, гидросток, создание новых водохранилищ, сбросы загрязненных

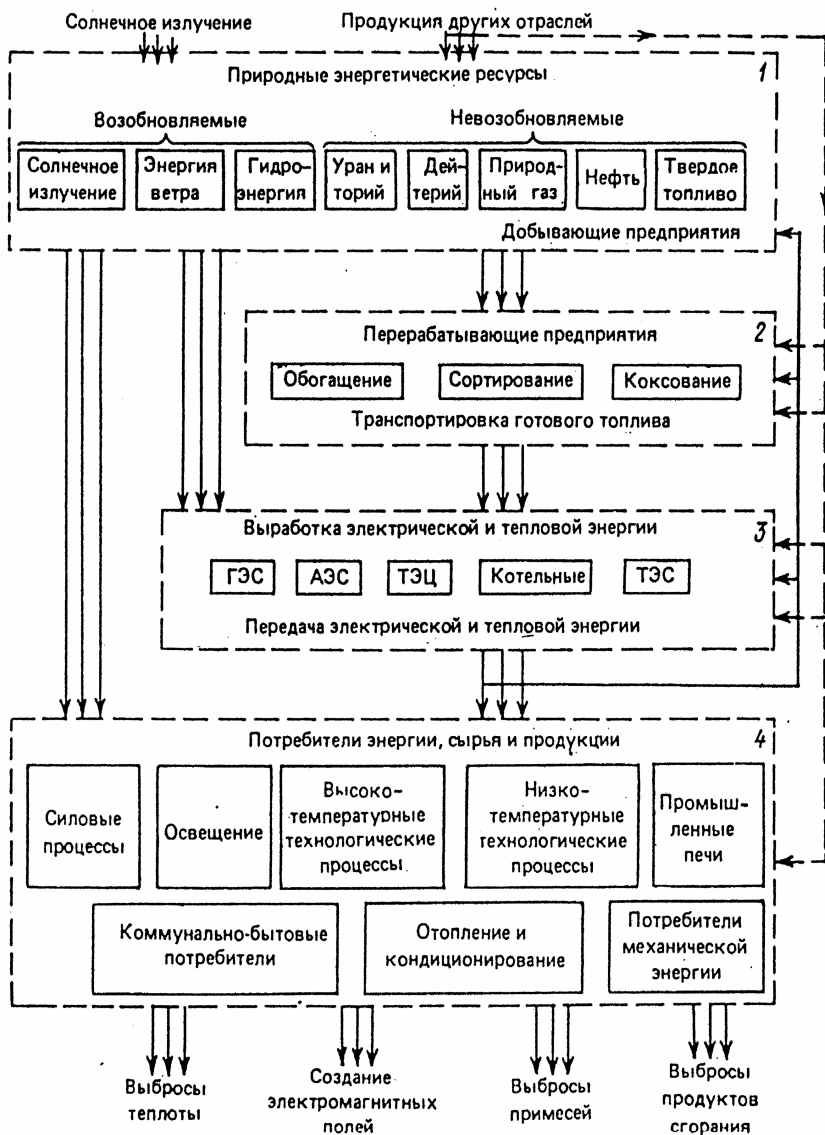


Рис. 3.5 – Схема основных связей в большой системе «Энергетика»

и нагретых вод, природных отходов) и на литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение водного баланса, изменение ландшафта, выбросы на поверхности и в недра твердых, жидких и газообразных токсичных веществ). В настоящее время это воздействие приобретает глобальный характер, затрагивая все структурные компоненты нашей планеты.

Многообразие структур, свойств и явлений, существующее как единое целое с развитыми внутренними и внешними связями, позволяет характеризовать окружающую среду как сложную большую систему. Структурная схема основных связей в системе «окружающая среда» показана на рис. 3.6

Особый интерес представляют аспекты анализа большой системы «Окружающая среда», имеющие непосредственное отношение к энергетике, а именно: энергетический баланс, устойчивость системы, внешние связи, ресурсы, обеспечивающие удовлетворение энергетических потребностей, при подчинении их общей цели – обеспечения природного равновесия функционирования энергетики. Если говорить в целом, то устойчивость большой системы «окружающая среда» определяется радиационными, тепловыми, материальными и энергетическими балансами ее компонентов.

Определение большой системы «Энергетика и окружающая среда». Очевидно, что задачи развития энергетики и сохранения естественного равновесного функционирования природной среды находятся в объективном противоречии. Взаимодействие энергетики с окружающей средой происходит на всех стадиях иерархии топливно-энергетического комплекса: добычи, переработки, транспортировки, преобразования и использования энергии. Это взаимодействие обусловлено как способами добычи, переработки и транспортировки ресурсов, связанных с воздействием на структуру и ландшафт литосферы, потреблением и загрязнением вод, морей, рек, озер, изменением баланса грунтовых вод, выделением теплоты, твердых, жидких и газообразных веществ во все среды, так и использованием электрической и тепловой энергии от общих сетей и автономных источников.

Современный этап проблемы взаимодействия энергетики с окружающей средой следует рассматривать как результат сложного

исторического развития этих взаимодействующих больших систем. При этом имеют место принципиальные различия в их развитии: коренные изменения в природной среде происходят в геологической шкале времени, а изменения масштабов развития энергетики – в исторически краткие отрезки времени.

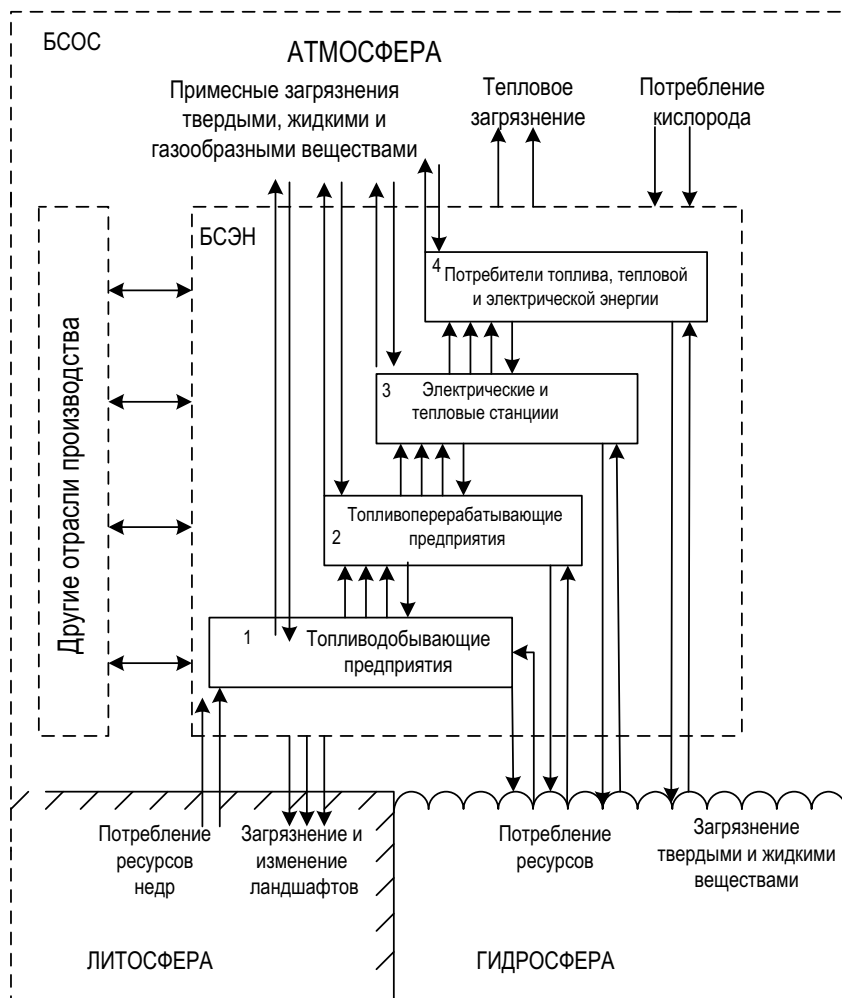
Рис. 3.6 – Структурная схема основных связей в большой системе «Окружающая среда»

Рассмотренные выше понятия о больших системах энергетики и окружающей среды и связи между ними определяют предпосылки для введения в анализ новой большой системы – «энергетика и окружающая среда».

При анализе системы «окружающая среда» рассматривается многообразие естественных взаимосвязей, обуславливающих круговорот веществ и поддержание определенных климатических условий, а в большой системе «энергетика» – различные пути использования энергетических ресурсов. При анализе системы «энергетика – окружающая среда» необходимо учитывать все многообразие процессов в синтезированной большой системе. Необходимым этапом является конструирование (выявление и описание) связей основных подсистем, составляющих большую систему, структурная схема которой приведена на рис.3.7.

С этой целью можно рассматривать системы энергетики и окружающей среды в качестве укрупненных блоков, как это показано на рис.3.7. Основные связи в большой системе «энергетика – окружающая среда» построены таким образом, чтобы сохранить правомерность вывода об обязательной и неизбежной подчиненности искусственных (антропогенных) связей в большой системе естественным процессам.

При проведении системного анализа большой системы «энергетика – окружающая среда» необходимо выбрать математическую модель и стратегию. Например, при определении предельно допустимой нагрузки на атмосферу могут использоваться: технологический подход (введение нормативных выбросов для всех проектируемых, строящихся и эксплуатируемых предприятий), управление качеством или экономический подход. Для изучения таких больших многозвенных систем возможно применение различных мате-



**Рис.3.7 – Структурная схема системы
«Энергетика – окружающая среда».**

матических моделей: балансовых, циркуляционных, оптимизационных и имитационных.

Основные факторы, формирующие систему взаимодействия энергетики и окружающей среды, позволяют наметить схему ее

анализа. Важнейшими элементами методологии исследования взаимодействия конкретного объекта с окружающей средой являются следующие: выявление и изучение экологических аспектов; составление удельных и суммарных балансов потребления всех природных веществ (исходных и переработанных); определение возможных воздействий и последствий, а также путей их снижения или предотвращения.

Таким образом, требуется детальный анализ комплекса вопросов, связанных с состоянием и развитием всего ТЭК и его отдельных составных частей (ресурсы, источники и потребители), их взаимодействия и влияния на окружающую среду. Причем, на современном уровне развития энергетики с окружающей средой на уровне локальных (местных) воздействий на отдельные составляющие гидро-, лито- и атмосферы. По мере все более полного освоения невозобновляемых источников энергии (традиционной энергетики) требования предотвращения или снижения воздействия на гидро-, лито- и атмосферу все более ужесточаются. Рассмотрения только локальных воздействий (последствий) уже становится недостаточно.

Концентрация производства и потребления энергии, вызываемая, в первую очередь, урбанизацией и являющаяся характерной чертой настоящего этапа научно-технического прогресса, требует рассмотрения указанных эффектов на локальном и региональном уровнях. В особом внимании нуждаются экологические аспекты энергетики всей совокупности субъектов и объектов энергоснабжения и энергопотребления.

РАЗДЕЛ 4. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

4.1. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Основой функционирования энергетики как топливно-энергетического комплекса является обеспеченность ресурсами в конкретных условиях окружающей среды. Поэтому уже с начала двадцатого века развитие энергетики и энергоснабжения рассматривается как общая система использования природных ресурсов.

Природные ресурсы – это запасы сырья и энергии, извлекаемые из Земли, например, строительные материалы, металлы, вода, ископаемое топливо, геотермальная энергия и т. д. Другими словами, природные ресурсы – исходная основа человеческой цивилизации как форма контролируемого существования на всех фазах его развития. Развитие технологии изменяет направление, масштабы и формы их использования, определяет новые ресурсы, созданные трудом человека.

Природные ресурсы подразделяются на две категории:

- возобновляемые, обязанные своим происхождением солнечной энергии (дождевая вода, энергия ветра, продукты питания, хлопок и шерсть, древесина и т. д.);
- невозобновляемые или минеральные ресурсы: Это органическое топливо (уголь, нефть, торф), медь, железо, уран, золото и др., формирование которых потребовало миллионов лет. Они чётко фиксированы и практически невозполнимы, именно минеральные ресурсы определяют пути развития человеческой цивилизации.

Классификация ресурсов полезных ископаемых и энергетических ресурсов приведена на рис.4.1.

Минеральные ресурсы размещены крайне неравномерно, отдельные из них (нефть, газ, уран и др.) весьма ограничены. Поэтому невозможно сохранить стабильные темпы их разработки и использования.

Обычно минеральные ресурсы разделяют на две категории:

- ресурсы, извлекаемые в текущий период и называемые запасами;
- потенциальные ресурсы, заслуживающие особого внимания (их размеры и местоположение позволяют утверждать, что в будущем они станут важнейшими запасами и будут использованы).

4.2. ИСКОПАЕМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

4.2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Д. И. Менделеев определил топливо как «горючее вещество, умышленно сжигаемое для получения теплоты». Топливом в широком смысле называют горючее вещество, которое экономически целесообразно сжигать для получения больших количеств тепла. В настоящее время таким основным источником получения теплоты являются горючие вещества органического происхождения – органическое ископаемое топливо. Хотя значительно расширились, особенно в Украине конца XX., объемы использования ядерного топлива (табл.4.1).

Таблица 4.1 – Мировые ресурсы органического топлива.

Ископаемое органическое топливо	Количество в недрах, 10^{22} Дж	Количество, которое может быть извлечено, 10^{22} Дж
Уголь	42	21
Нефть и газ (подвижные)	2,6	2,6

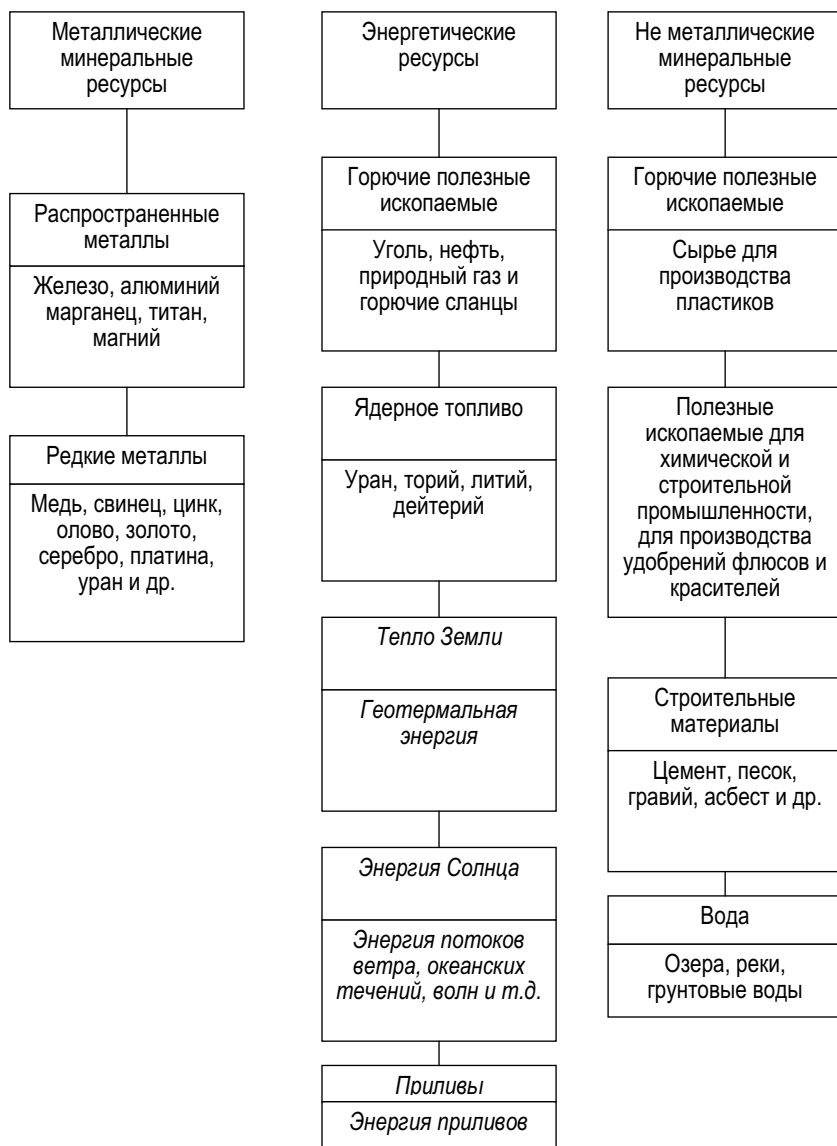


Рис. 4.1 – Классификация ресурсов полезных ископаемых и энергии
(курсивом показаны энергетические ресурсы, не являющиеся полезными ископаемыми)

Таблица 4.1 – Продолжение

Ископаемое органическое топливо	Количество в недрах, 10^{22} Дж	Количество, которое может быть извлечено, 10^{22} Дж
Запечатанная нефть (неподвижная)	2,5	?
Тяжелая нефть (битуминозные пески)	5,0	0,5–2,5
Нетрадиционный природный газ	10	0,07
Горючие сланцы:	10200	1,0
(более 40 л нефтепродуктов из 1 т)	200	1,0
(менее 40 л нефтепродуктов из 1 т)	10000	?

Огромный энергетический ресурс, слагаемый всеми видами органического топлива, подразделяют на три основные категории:

- потенциальные запасы ископаемого топлива, которые в современных условиях развития науки и техники невозможно или экономически нецелесообразно добывать;
- доступные, которые возможно, но экономически не всегда целесообразно добывать;
- экономичные, добыча которых оправдана экономически и целесообразна на современном уровне развития науки и техники.

Наибольший интерес, вызывают нефть и газ, запасы которых довольно ограничены. В то же время, именно их добыча и переработка наиболее экономичны и целесообразны с точки зрения использования рабочей силы и охраны окружающей среды.

В зависимости от характера использования топливо подразделяется на: энергетическое, технологическое и бытовое; по агрегатному состоянию – на твердое, жидкое и газообразное; по способу получения – на естественное и искусственное (табл.4.2).

Основными видами органического топлива, используемого в энергетике, являются: твёрдое – угли и торф; жидкое – мазут; газообразное – природный газ. Торф и угли, твердое органическое топливо являются продуктами разложения органической мас-

Таблица 4.2 – Основные виды топлива

По способу получения	Естественное	Искусственное
По агрегатному состоянию		
Твердое	Дрова, торф, ископаемые угли, горючие сланцы	Древесный уголь, кокс, полукокс, торфяные и угольные брикеты
Жидкое	Нефть	Бензин, керосин, мазут, масла, газойль
Газообразное	Природный газ, попутный (конденсатный) газ	Доменный, коксовый, конвекторный, генераторный газы

сы растений и отличаются друг от друга химическим возрастом (торф – самое молодое).

Древнейшие месторождения угля известны в канадской Арктике (≈350 млн. лет). Важнейший период углеобразования в истории Земли приходится на интервал последних 350–250 млн. лет. Угленосные отложения в этот промежуток времени обнаружены на всех континентах, но самые большие толщи – в Северной Америке, Европе и Азии, которые в течение периода углеобразования находились в экваториальных и умеренных широтах. Теплый климат и обилие осадков благоприятствовали развитию огромных болот. Формирование угля происходило и в последующие периоды, особенно в меловой (~ 20 млн. лет назад), но ни в один из них угленакопление не было столь обширным и интенсивным, как в великую угольную эпоху.

Геологи полагают, что большая часть главных угольных бассейнов уже открыта. Мировые запасы всех видов углей определены в 8620 млрд. т, а дополнительные потенциальные ресурсы – в 6650 млрд. т. При этом извлекаемыми считаются запасы углей в пластах мощностью не более 0,3 м, залегающих на глубине не более 2000 м. Угли, не отвечающие этим требованиям, относятся к потенциальным ресурсам. Примерно 43 % углей мира залегают в странах СНГ (бывшего СССР), 29 % – в Северной Америке, 14,5 % – в странах Азии, главным образом в Китае, 5,5 % – в Европе. На остальной мир приходится 8 % угля. Хотя уголь во всем мире

не является ведущим видом топлива, но трудности в снабжении нефтью и газом ведут к тому, что в ближайшие десятилетия уголь станет господствующим топливом на планете. При этом в течение длительного времени подземная добыча будет, видимо, оставаться преобладающей формой разработки угольных месторождений. Ископаемые угли подразделяются на бурые, каменные и антрацит: бурые следуют за торфом по химическому возрасту, затем – каменные и антрацит.

Значительная роль в обеспечении ТЭК топливом принадлежит нефти и природному газу, данные по региональному распределению которых приведены на рис.4.2.

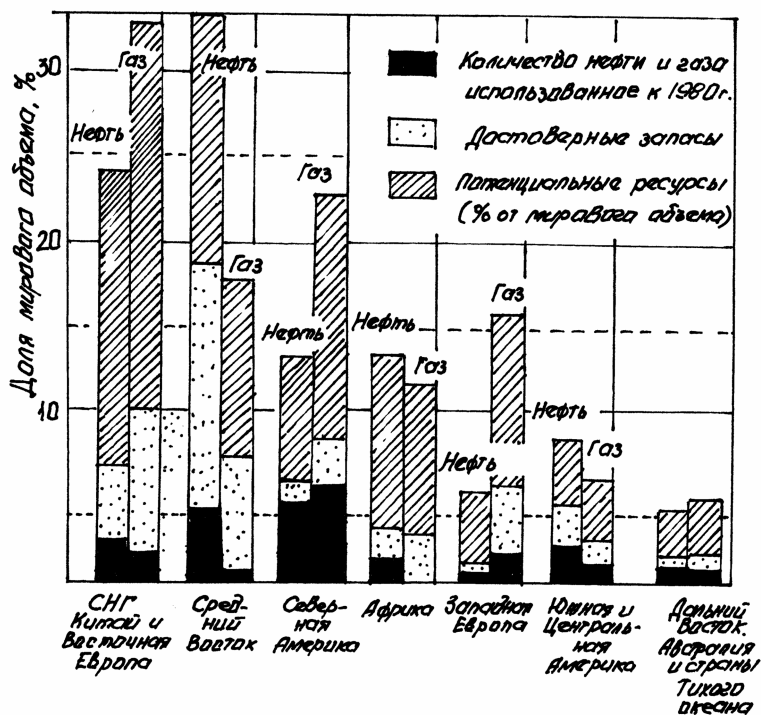


Рис. 4.2 – Потенциальные ресурсы нефти и газа

Энергетический эквивалент оцененных потенциальных ресурсов (по данным всемирной энергетической конференции) составляет: нефти – $(1,5 \cdot 10^{22})$ Дж, газа – $(1,1 \cdot 10^{22})$ Дж. Как видно на рис. 4.2, ресурсы нефти и газа так же, как и угля, расположены на земном шаре очень неравномерно. Регионы, которые, сейчас являются главными производителями нефти и газа, обладают наибольшим потенциалом и для новых открытий. При сохранении существующей скорости роста потребления все ресурсы нефти и газа могут иссякнуть через несколько десятилетий.

Человечество интересуют две проблемы, непосредственно связанные с теплоэнергетикой: на какой срок хватит ТЭР; где грань загрязнения атмосферы?

В настоящее время мировое использование энергоресурсов в течение года эквивалентно 17–25 млрд. т условного топлива, энергоемкость которых эквивалентна 450–500 ЭДж. Если исходить из этой цифры и мировых запасов энергоресурсов (табл. 4.3.), то только органического топлива человечеству хватит на тысячу лет.

Таблица 4.3 – Мировые энергоресурсы.

	Источники энергии	Ресурсы, ЭДж
1.	Невозобновляемые: Ядерная энергия Химическая энергия органического топлива	$1,97 \cdot 10^6$ $5,21 \cdot 10^5$
2.	Неисчерпаемые: Термоядерная энергия синтеза Геотермальная энергия	$3,6 \cdot 10^9$ $2,9 \cdot 10^6$
3.	Возобновляемая: Солнечная энергия, которая достигает земной поверхности и превращается в тепловую Энергия морских приливов Энергия ветра Энергия рек Биоэнергия лесов	$2,4 \cdot 10^6$ $2,5 \cdot 10^5$ $6,1 \cdot 10^3$ $1,2 \cdot 10^2$ $1,5 \cdot 10^3$

* 1ЭДж (эксаджоуль) = 10^{18} Дж

Однако современные энерготехнологии не позволяют освоить все объемы указанных ТЭР. Многие страны не обладают оптимальным соотношением уровня добычи ТЭР и их использования.

Как видно из табл.4.3, перспективным является использование возобновляемых источников ТЭР, однако современные энерготехнологии еще далеки от их массового использования. К сожалению, человечество далеко еще и от решения проблем использования термоядерной энергии, общие запасы которой просто фантастические – $3,6 \cdot 10^9$ ЭДж (при нынешнем уровне энергозатрат их хватит на 10 млн. лет!).

Что касается Украины, то ее энергетика в настоящем времени находится в тяжелом состоянии, несмотря на то, что только разведанные запасы угля в Украине составляют 47 млрд. т. Однако технология добычи угля не отвечает геологическим особенностям месторождений. Почти 80 % объемов ТЭК физически и морально устарели, уровень затрат энергоресурсов выше уровня их производства. Наблюдается значительный дефицит остальных видов ТЭР, что наглядно демонстрируют данные табл. 4.4 (конец XX ст.).

Таблица 4.4 – Энергоресурсы Украины: добыча и потребность

Вид топлива	Объемы		Процент обеспечения собственным ТЭР
	использования	собственного производства	
Природный газ	112 млрд. м ³	22 млрд. м ³	20 %
Нефть	32 млн. т	4 млн. т	12 %
Уголь	~ 100 млн. т	80 млн. т	80 %
Ядерное топливо	Твель производства России	Уран добывает Украина	0

4.2.2. СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Органическое топливо, поступающее в технологические устройства для сжигания, называется рабочим. В его состав входят: углерод, водород, сера, кислород, азот, а также влага W и минеральные

примеси А. Указанные элементы образуют сложные химические соединения.

Наличие кислорода и азота составляет внутренний баланс топлива и снижает его энергетическую ценность. Содержание кислорода в топливе колеблется от 2 % (антрацит) до 40 % (древесина), в мазуте – меньше 1 %. Содержание азота в твердом и жидком топливе не более 1 %. Влага и минеральные примеси (зола) составляют внешний баланс топлива. Содержание золы в твердом топливе – $1\div 60\%$ ($5\div 60\%$) на рабочую массу, в мазуте – $0,1\div 0,3\%$, влаги – $1\div 2\%$.

Собственно горючими в твердом органическом топливе являются углерод, водород и сера. Главная составляющая – углерод: чем выше его содержание, тем выше количество тепла, выделяемого при сгорании. С увеличением возраста топлива содержание углерода увеличивается, водорода – уменьшается.

Процесс сжигания топлива представляет собой окисление углерода кислородом воздуха. При полном сгорании углерода образуется относительно безвредный диоксид углерода CO_2 и выделяется $32,8$ МДж теплоты на 1 кг углерода. При неправильной организации процесса горения (обычно при недостатке воздуха) продуктом сгорания является очень токсичный оксид углерода CO и выделяется всего $9,2$ МДж теплоты. Содержание углерода в твердом топливе – $25\div 93\%$ на рабочую массу, в мазуте – $83\div 85\%$.

Важной горючей составляющей топлива является водород, содержание которого колеблется в твердом топливе от 2 до 5 %, в жидком – от 10 до 15 %. Количество теплоты, выделяющееся при сгорании (окислении) водорода, составляет $120,8$ МДж на 1 кг.

Третий горючий элемент – сера: органическая (в соединениях с водородом, углеродом, азотом и кислородом) – $S_{\text{ор}}$, колчеданная (в соединениях с железом) – $S_{\text{к}}$, сульфатная (в виде солей серной кислоты CaSO_4 , MgSO_4 , FeSO_4 и др.) – $S_{\text{с}}$.

Свойства твердого топлива как горючего материала определяются его составляющими в сухом беззольном состоянии (обозначаются индексом «daf»: *dry ash free* – условное состояние топлива, не содержащее общей влаги и золы). Сюда включаются элементы органической массы топлив и колчеданная сера, сгорающая вместе с органической массой.

Таким образом, состав топлива характеризуется массовым содержанием образующих его элементов, а именно: $C^{daf} + H^{daf} + O^{daf} + N^{daf} + S^{daf}$. Здесь S^{daf} – суммарное содержание горючей серы. Сера органическая и колчеданная составляют горючую или летучую серу $S^{daf}_n = S^{daf}_o + S^{daf}_k$. Сера сульфатная не является горючей и включается в золу. Содержание горючей серы: в твердом топливе – 0÷9 %, в мазуте – 0,5÷3 %. При полном сгорании 1 кг серы выделяется 9,2 МДж теплоты. При этом образуется токсичный сернистый ангидрид SO_2 и (в небольших количествах) еще более токсичный серный ангидрид SO_3 . Их выброс с продуктами сгорания вызывает загрязнение воздушного бассейна, а в сочетании с водой (водяными парами) является причиной кислотных дождей (H_2SO_3 , H_2SO_4).

Содержание азота в сухом беззольном состоянии твердых топлив обычно составляет 1÷2 % по массе. Несмотря на столь малое количество, азот является весьма вредным компонентом, поскольку при сгорании азотосодержащих соединений в высокотемпературных топках образуются сильнотоксичные оксид NO и диоксид NO_2 (при температуре свыше 1200°C они образуются также и из атмосферного азота).

Внешним балластом топлива является влажность и зола. Влажность твердого топлива в рабочем состоянии может превышать 50 %, определяет экономическую целесообразность использования данного горючего материала и возможность его сжигания (например, для превращения одного килограмма воды, взятой при температуре 0°C, в пар комнатной температуры требуется 2,5 МДж теплоты).

Зола включает в себя различного рода минеральные примеси, которые в зависимости от условий сжигания претерпевают изменения. В соответствии с существующими стандартными нормами золу необходимо улавливать, транспортировать в отвалы или (что предпочтительнее) утилизировать и использовать в народном хозяйстве.

Важными характеристиками органического топлива являются выход летучих веществ (для твердого топлива) и теплота сгорания.

Выход летучих веществ V^{daf} в процентах на сухое беззольное состояние определяется путем прокаливания 1 кг топлива в закрытом тигле при температуре $850 \pm 10^\circ C$ в течение 7 минут, в ре-

зультате которого образуются газы, водяные пары и углеродосодержащий осадок. Чем больше выход летучих, т.е. чем больше сухой беззольной массы превращается при нагревании в горючий газ, тем проще зажечь это топливо и легче поддержать процесс горения. Органическая часть древесины и горючих сланцев при нагревании почти полностью переходит в летучие вещества ($V^{\text{daf}}=85\div 90\%$), в то время как у антрацитов $V^{\text{daf}}=3\div 4\%$. (табл.4.5).

Теплота сгорания – количество теплоты, выделяющееся при полном сгорании топлива. Различают высшую $Q_{\text{в}}^{\text{P}}$ и низшую $Q_{\text{н}}^{\text{P}}$ теплоту сгорания (теплотворную способность топлива).

Высшая теплота сгорания $Q_{\text{в}}^{\text{P}}$ – количество теплоты, выделяющееся при сгорании 1 кг твердого, жидкого или 1 м^3 газообразного топлива при превращении водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, в жидкость. Низшая теплота сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{P}}$ меньше высшей на величину парообразования влаги, имеющейся в топливе (W^{P}) или образующейся в результате сгорания водорода топлива (9H^{P}).

Таблица 4.5 – Основные характеристики украинского твердого топлива.

Виды топлив	Основные характеристики				
	Выход летучих $V_{\text{л}}$	Содержание серы $S_{\text{н}}^{\text{P}}$	Влажность W_{P}	Зольность A_{P}	Теплота сгорания (МДж/кг) $Q_{\text{н}}^{\text{P}}$
Торф	$\geq 70\%$	0,1...0,2 %	30...50 %	5...23 %	10,5...14,6
Бурые угли	$> 40\%$	0...8 %	30÷40 %	15...30 %	10,0...17,0
Каменные угли	9...50 %	0...8 %	5...10 %	18...30 %	24,0...29,0
Антрациты	2...9 %	0...8 %	5...10 %	$< 5\%$	~26,0
Полуантрациты	5...9 %	0...8 %	$< 5\%$	$< 5\%$	28÷30

Для сравнительных расчетов используется понятие «условное топливо». При этом под условным топливом понимается топливо, теплота сгорания которого равна 29,35 МДж/кг (7000 Ккал/кг). Перевод действительного количества топлива в условное производится умножением количества данного топлива на его эквивалент $\Xi = Q_{\text{н}}^{\text{P}}/29,35$.

Максимальная низшая теплота сгорания твердых топлив доходит до $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 28$ МДж/кг, минимальная составляет 10 МДж/кг и ниже (в зависимости от содержания балласта). Теплота сгорания обезвоженных мазутов $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 39 \div 41,5$ МДж/кг. Поскольку элементный состав всех жидких топлив, полученных перегонкой нефти, практически одинаков, их теплота сгорания примерно равна.

Химический состав первородной нефти и газа практически не изменился и остался в пределах сравнительно узкого ряда химических смесей (табл.4.6).

Таблица 4.6 – Химический состав нефти и природного газа.

Элемент	Нефть, %	Природный газ, %
Углеводород	82,2–87,0	65–80
Водород	11,7–14,7	1–25
Сера	0,1–5,5	Следы-0,2
Азот	0,1–1,5	1–15
Кислород	0,1–4,5	—

Жидкие топлива. Получают путем переработки нефти. Сырую нефть нагревают до $300 \div 370^\circ\text{C}$, после чего полученные пары разгоняют на фракции, конденсирующиеся при различной температуре $t_{\text{к}}$: сжиженный газ (выход около 1 %), бензиновую (около 15 %, $t_{\text{к}} = 30 \div 180^\circ\text{C}$) керосиновую (около 17 %, $t_{\text{к}} = 120 \div 135^\circ\text{C}$), дизельную (около 18 %, $t_{\text{к}} = 180 \div 350^\circ\text{C}$). Жидкий остаток с температурой начала кипения $330 \div 350^\circ\text{C}$ называется мазутом. Указанные фракции служат исходным сырьем при получении смазочных материалов и топлив для двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных установок (бензина, керосина, дизельных топлив и т. д.).

До настоящего времени мазут продолжает оставаться основным жидким энергетическим и отопительным топливом. Представляет собой сложную смесь углеводородов, в состав которого входит углерод ($C^{\text{P}} = 84 \div 86$ %) и водород ($H^{\text{P}} = 10 \div 12$ %). Это обеспечивает высокую теплотворную способность мазута ($Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 40 \div 41$ МДж/кг). Балласт мазута невысок $A^{\text{P}} = 0,2 \div 0,3$ %; $W^{\text{P}} = 0,1 \div 1$ %. В состав золы входят соединения ванадия, никеля, железа и др. металлов.

Одним из основных показателей мазута являются вязкость (определяемая по его способности к распылению в зависимости от температуры) и сернистость (определяется содержанием серы: малосернистые (до 0,5 %), среднесернистые (до 2 %) и высокосернистые (до 3,5 %). Мазуты, получаемые из нефти ряда месторождений, могут содержать серу до 4,3 %, что резко усложняет защиту окружающей среды и оборудования.

Газообразные топлива. Главным является природный газ, основным компонентом которого (85÷98 %) служит метан CH_4 . Основные горючие составляющие – тяжелые углеводороды C_nH_m , водород H_2 , сероводород H_2S , окись углерода CO , балласт – CO_2 , N_2 , SO_2 , H_2O , O_2 . Теплота сгорания природного газа – 31,0÷37,9 МДж/кг. Природный газ очищают от сернистых соединений, но некоторая часть их (в основном сероводород) может оставаться.

При добыче нефти выделяется, так называемый, попутный газ, содержащий меньше метана, чем природный, но больше высших углеводородов и поэтому выделяющий при сгорании больше теплоты. В настоящее время весьма актуальна проблема его полного использования.

В промышленности и особенно в быту находит широкое распространение сжиженный газ, полученный при первичной переработке нефти и попутных нефтяных газов: технический пропан (не менее 93 % $\text{C}_4\text{H}_{18} + \text{C}_3\text{H}_6$), технический бутан (не менее 93 % $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_4\text{H}_8$) и их смеси.

На металлургических заводах в качестве попутных продуктов получают коксовый и доменный газы, используемые там же для отопления печей и технологических аппаратов. Иногда (после очистки от сернистых соединений) коксовый газ применяют для бытового газоснабжения прилегающих жилых массивов. Однако из-за большого содержания CO (5÷10 %) он значительно токсичнее природного. Избытки доменных газов чаще всего сжигают в топках заводских электростанций.

В районах расположения угольных шахт своеобразным «топливом» может служить метан, выделяющийся из пластов при их вентилировании. Однако при этом надо иметь в виду, что концентрация метана в смеси с воздухом более 5 %, но менее 15 % — взрывоопасна.

В последние годы в Украине вновь возродился интерес к газам, полученным путем газификации, (генераторным) или путем сухой перегонки (нагрев без доступа воздуха) твердых топлив, в первую очередь, труднодоступных углей Донецкого месторождения.

Все большее применение в ряде мест находит биогаз-продукт анаэробной ферментации (сбраживания) органических отходов (навоза, растительных остатков, мусора, сточных вод и т.д.). Конструкция небольшого ферментатора предельно проста: тепло- и гидроизолированная яма с гидрозатвором, заполненная разжиженным сырьем (влажность 88÷94 %) с плавающим в ней колоколом-аккумулятором для вывода газа. С 1 м³ объема при температуре 30÷40°C может быть получено около 1м³ газа, состоящего в основном из метана и диоксида углерода с небольшими добавками сероводорода, азота и водорода. Получающиеся в процессе ферментации жидкие отходы используются в качестве высококачественного удобрения, содержащего вдвое больше связанного азота, чем исходное сырье.

Анаэробное сбраживание отходов крупных животноводческих комплексов позволяет решить чрезвычайно острую проблему загрязнения окружающей среды жидкими отходами путем превращения их в биогаз и высококачественные удобрения.

РАЗДЕЛ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

*«... Нас (человечество) сейчас отделяет
от тепловой смерти биосферы лишь один
порядок величин Будем использовать в десять
раз больше энергии, чем сейчас, и погибнем.»*

Н. Реймерс

5.1. РОЛЬ И ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА

Более 80 % используемой в мире энергии получают в процессе горения ископаемого органического топлива, преобразуя его потенциальную энергию в электрическую и тепловую энергию. Как следствие, именно теплоэнергетике принадлежит одно из первых мест в загрязнении окружающей среды планеты, главным образом, продуктами сгорания топлива. Около 80 % всех видов загрязнений биосферы обусловлено именно энергетическими процессами.

Как было показано в предыдущих разделах, топливно-энергетические ресурсы планеты к концу XX века значительно уменьшились. В структуре ископаемого органического топлива удельный вес нефти составляет около 45 %, природного газа – 18 %, угля – 37 %. Общее представление о мировом использовании энергоресурсов за последние 100 лет видны из табл.5.1.

Таблица 5.1 – Суммарное мировое энергопотребление.

Показатели	Годы				
	1900	1950	1975	1990	2000
Суммарное энергопотребление, млрд. т условного топлива (т. у. т.)	0,95	2,86	8,6	17,0	25,0
Население, млрд. чел.	1,62	2,5	3,8	4,6	5,2
Удельные энергозатраты (т. у. т. на 1 человека в год)	0,59	1,16	2,32	3,7	4,8

Нефть, природный газ и уголь сжигаются в таких количествах, что выделяющиеся в процессе горения газообразные, жидкие и твердые составляющие, медленно, но неуклонно изменяют состав атмосферы, загрязняют воду и земельный покров. В атмосферу ежегодно выбрасываются десятки миллиардов тонн газообразных и парообразующих соединений, твердых частиц, состав которых, в первую очередь, определяется видом и условиями сжигания органического топлива. В таких условиях находится и значительная часть Украины. И это не удивительно, учитывая масштабы и условия сжигания в Украине органического топлива. Достаточно проанализировать общие данные потребления основных видов топлива всем ТЭК Украины (табл.5.2).

Таблица 5.2 – Энергопотребление Украины (1995 г.).

Виды топлива	Топливо-энергетический комплекс	Малая энергетика	Всего
Природный газ	124 млрд. м ³ (142 млн. т. у. т.)	74 млрд. м ³ (85 млн. т. у. т.)	198 млрд. м ³ (229 млн. т. у. т.)
Нефть и нефтепродукты	41 млн. т (56 млн. т. у. т.)	25 млн. т (34 млн. т. у. т.)	66 млн. т (90 млн. т. у. т.)
Уголь	128 млн. т (90 млн. т. у. т.)	77 млн. т (34 млн. т. у. т.)	206 млн. т (124 млн. т. у. т.)
Всего	286 млн. т. у. т.	174 млн. т. у. т.	460 млн. т. у. т.

Основу горения составляют реакции окисления горючих веществ топлива, в результате которых исходные вещества (горю-

чее и окислитель) преобразуются в новые с иными физическими и химическими свойствами, называемые продуктами сгорания. Характерным признаком горения является быстро протекающий процесс, сопровождающийся интенсивным выделением теплоты, резким повышением температуры и образованием раскаленных продуктов с различной степенью светимости.

Различают горение без потерь теплоты топлива (стехиометрическое или полное), горение с потерями теплоты (восстановительное или неполное) и смешанное (окислительно-восстановительное), характерное для горения твердых топлив при неравномерном взаимодействии поверхностей сгорания с воздухом. При полном горении все горючие вещества топлива принимают участие в окислительных процессах. При этом образуются только оксиды – CO_2 , SO_2 , H_2O .

Реальное горение, как правило, является неполным. Различают механическую и химическую неполноту горения. В первом случае некоторое количество топлива в процессе горения не участвует. Химические потери возникают в случае химически неполного окисления углеводородсодержащих соединений с образованием оксида углерода, а также в случае, когда часть горючих газообразных веществ, полученных при испарении и термическом разложении жидкого топлива (CO , H_2 , CH_4 и др.), покидают камеру сгорания до завершения окислительных процессов.

В качестве окислителя при горении преимущественно используется кислород атмосферного воздуха, что объясняется его доступностью и простотой использования.

Процесс горения газообразного топлива условно можно разделить на две стадии: первая – образование горючей смеси (смеси топлива и воздуха); вторая – нагрев, воспламенение и горение горючей смеси.

Более сложно протекает горение жидкого топлива. Первой стадией горения жидкого топлива является нагревание и испарение горючего. Затем образовавшиеся пары горючего смешиваются с воздухом, происходит нагревание, воспламенение и горение горючей смеси.

В зависимости от агрегатных состояний горючего и окислителя различают гомогенное и гетерогенное горение. Если горючее

и окислитель находятся в одинаковых агрегатных состояниях и между ними отсутствует поверхность раздела фаз, то они образуют гомогенную систему, в которой протекает гомогенное горение. Примером гомогенного горения является горение газообразного горючего. Если горючее и окислитель находятся в различных агрегатных состояниях, то они образуют гетерогенную систему. В гетерогенной системе протекает горение жидкого топлива.

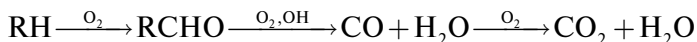
Если скорость протекания химической реакции между горючим и окислителем значительно ниже скорости образования горючей смеси, то результирующая скорость процесса горения лимитируется только скоростью химической реакции, т. е. процессами химической кинетики. Такое горение называют кинетическим. Если же скорость подвода окислителя к горючему меньше скорости химической реакции окисления, то суммарная скорость горения не зависит от скорости реакции и лимитируется только скоростью процесса смесеобразования, определяющим фактором которого являются процессы диффузии кислорода к горючему. Такое горение называют *диффузионным*.

5.2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ГОРЕНИИ ТОПЛИВА

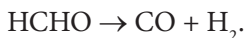
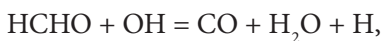
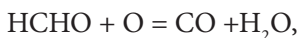
Состав продуктов сгорания и количественные соотношения в них отдельных компонентов зависят от свойств и состава топлива, а также от степени завершенности реакции горения.

Вредные вещества (альдегиды, оксид углерода, углеводороды, сажа, канцерогенные вещества) появляются вследствие неполного окисления топлива и его пиролиза, а также синтеза новых веществ. Оксиды азота образуются в зоне горения в результате реакции окисления азота воздуха и топлива; оксиды серы образуются вследствие окисления серы топлива.

Общий механизм образования основных углеродсодержащих токсичных элементов продуктов сгорания можно представить следующим образом:

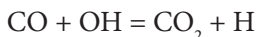


При сжигании метана:



Альдегиды являются продуктом неполного сгорания углеводородов. Наиболее существенный вклад в токсичность продуктов сгорания (среди альдегидов) вносит формальдегид (HCHO), представляющий собой газ с резким неприятным запахом.

Догорание CO в CO₂:



Образование сажи. Этот механизм представляет собой объемный процесс термического разложения (пиролиза) углеводородов в газовой фазе в условиях сильного недостатка кислорода

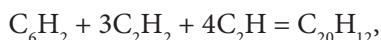


Кинетика процесса образования сажи зависит от структуры молекул углеводорода и числа атомов углерода в нем. Наибольший выход сажи наблюдается при горении ароматических углеводородов. При относительно низких температурах у ароматических углеводородов преобладают реакции полимеризации и конденсации. В результате могут легко образоваться полициклические соединения, превращающиеся при отсутствии кислорода в зародыши сажи. При этом могут синтезироваться канцерогенные углеводороды, в том числе – бенз (а) пирен. Канцерогенные вещества в значительной

степени сорбируются на саже и поэтому сажистые частицы представляют большую опасность для человека.

Образование канцерогенных углеводородов. Можно утверждать, что поступающие в окружающую среду канцерогенные вещества – продукты неполного сжигания органических топлив. Несмотря на многообразие канцерогенных веществ, образующихся при горении топлив, присутствие их в продуктах сжигания и воздухе обычно оценивается по наличию бенз (а) пирена.

Стехиометрическое уравнение образования бенз(а)пирена следующее

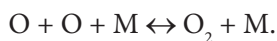
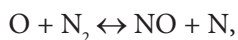
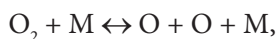


где C_6H_2 – полурадикал, представляющий собой зародыш сажи; C_2H_2 и C_2H – элементарные строительные блоки.

Для снижения уровней образования бенз (а) пирена и других канцерогенных углеводородов необходимо осуществлять высококачественное распыление топлив и полное смешение его с воздухом. При очень высоких температурах бенз (а) пирен и другие канцерогенные вещества начинают разрушаться.

Образование оксидов азота. В условиях высокотемпературного горения топлива азот воздуха становится реакционноспособным и, соединяясь, в частности, с кислородом, образует оксиды: NO, NO₂, N₂O₅.

Цепная схема этой реакции представляется следующим образом:



Определяющей в образовании NO считается реакция окисления азота кислородом, скорость которой зависит от концен-

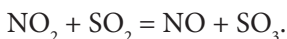
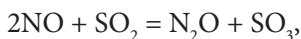
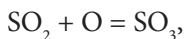
трации О. Определяется, исходя из кинетического уравнения Зельдовича Я. Б

$$\frac{dNO}{d\tau_p} = \frac{5 \cdot 10^{11}}{\sqrt{O_2}} c^{-\frac{86000}{RT}} \left[O_2 N_2 \frac{64}{3} c^{-\frac{43000}{RT}} - (NO)^2 \right],$$

где O_2 , N_2 , NO – мгновенные концентрации компонентов газовой смеси, г моль/л; τ_p – длительность реакции, с; T – температура в зоне реакции, К.

Выход NO определяется скоростями его образования и разложения. Значительного снижения уровней образования NO можно достичь сжиганием хорошо перемешанной обедненной топливно-воздушной смеси и сокращением времени пребывания продуктов сгорания в зонах с максимальными температурами.

Образование оксидов серы. Основное количество серы, содержащейся в топливе, сгорает до оксида серы: $S + O_2 = SO_2$. Далее идет реагирование диоксида серы с атомарным кислородом и оксидами азота



Массовый выброс в атмосферу диоксида серы можно определить по следующей зависимости

$$M_{SO_2} = 0,02S^p B (1 - \eta_c), \text{ т/год},$$

где S^p – содержание серы на рабочую массу, %; B – расход топлива, т/год; η_c – степень нейтрализации оксидов серы.

Для принятия необходимых мер по снижению загрязнения окружающей воздушной среды необходимо знать, что такое чистый воздух, каким требованиям он должен удовлетворять, чтобы не влиять отрицательно на здоровье человека. Такими критериями

являются предельно допустимые концентрации (ПДК)_i вредных веществ в воздухе населенных пунктов (табл.5.3).

Таблица 5.3 – Предельно допустимые концентрации и показатели относительной вредности веществ.

Вещество	Максимально-разовая, мг/м ³	Среднесуточная мг/м ³	Относительная вредность
Оксид углерода	5	3	1
Углеводороды (неканцерогенные)	5	1,5	2
Взвешенные вещества (моль)	0,5	0,15	20
Оксид азота	0,4	0,06	50
Диоксид серы	0,5	0,05	60
Сажа	0,15	0,05	60
Диоксид азота	0,085	0,04	75
Формальдегид	0,035	0,003	1000
Свинец	-	0,0003	10000
Бенз (а) пирен	-	0,000001	3000000

Степень опасности воздействия того или иного вредного вещества на живой организм определяется отношением действительной концентрации вещества к [ПДК]_i в воздухе на уровне дыхания $k_i = c_i / [\text{ПДК}]_i$, которое называют токсичной кратностью данного *i*-го вещества. Оно должно быть меньше единицы. При одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ близкого биологического влияния на живой организм происходит усиление отравляющего воздействия, в связи с чем становится недопустимым присутствие таких веществ даже при концентрациях близких к [ПДК]_i. Поэтому введено дополнительное требование о необходимости суммирования токсичных кратностей таких веществ. Условие безвредности воздушной среды определяется по следующей зависимости

$$\sum_1^n k_i = \sum_1^n \frac{C_i}{[\text{ПДК}]_i} \leq 1,$$

где *n* – число ингредиентов однонаправленного действия.

Эффектом суммации (совместного усиливающего действия) обладают сажа и канцерогенные углеводороды; оксиды азота и канцерогенные углеводороды; диоксид азота и формальдегид; оксиды азота и серы. Поэтому указанное выше выражение можно представить в общем виде

$$\sum_i^n \frac{C_i k_{n-1}}{[\text{ПДК}]_i} \leq 1,$$

где k_{n-1} – коэффициент, учитывающий увеличение токсичности i -го экологически вредного ингредиента от присутствия в смеси $(n-1)$ вредного вещества однонаправленного или разнонаправленного действия.

5.3. СОДЕРЖАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Под загрязнением атмосферы следует понимать изменение свойств и ухудшение функций среды в результате выбросов загрязняющих веществ (твердых, жидких и газообразных), а также – тепла, радиоактивных и электромагнитных излучений, шума, вибраций и т. д. из различных источников. Загрязняющие вещества это те вещества, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду либо непосредственно, либо после химических изменений в атмосфере, либо в сочетании с другими веществами и загрязняющими воздействиями.

Следует иметь в виду также, что при одновременном воздействии нескольких загрязняющих веществ, особенно, однонаправленного действия, их отрицательное воздействие на человека существенно усиливается. Например, вероятность онкозаболеваний резко возрастает при попадании в организм человека канцерогенных веществ вместе с сажистыми частицами. Последние данные специалистов по коммунальной гигиене свидетельствуют, что токсичность химических веществ, поступающих в атмосферу в соеди-

нении с шумом и вибрацией, возрастает в два с половиной – три раза. Кроме того, вследствие химического взаимодействия двух загрязняющих веществ могут синтезироваться новые вредные ингредиенты значительно более опасные для человека. При взаимодействии канцерогенных углеводородов и оксидов азота синтезируются соединения, действующие на генный фонд человека.

Топливоно-энергетический комплекс, энергетика, транспорт и промышленность – главным образом, процессы, связанные с горением – являются основными источниками антропогенного загрязнения окружающей среды. По масштабному фактору его можно разделить на локальное, региональное и глобальное, которые тесно связаны между собой. К ним относятся, в первую очередь, низкотемпературное тепло, углекислый газ, окислы азота, сера, пыль, шлак, окислы серы, зола и др.

Рассмотрим основные из выбросов загрязнений с точки зрения их воздействия на окружающую среду.

Углекислый газ (CO_2). Образуется в результате сжигания ископаемых видов топлива, таких как: уголь, нефть, газ, и органических видов топлива: древесины, соломы и биомассы в любом виде. Это основной газ, способствующий созданию «парникового эффекта». В результате неполного сгорания выделяется монооксид углерода CO – токсичный газ, оказывающий многообразное вредное воздействие на окружающую среду.

Напомним, что ежегодно в процессе сжигания органического топлива расходуется около 10 млрд. т кислорода, превращаемого в эквивалентные количества CO_2 . За последние двадцать лет XX века концентрация CO_2 в атмосфере выросла на 15 %. Молекулы CO_2 хорошо пропускают коротковолновое солнечное излучение, но поглощают излучение в длинноволновом спектре частот, что является естественным регулятором температуры поверхности Земли. Понижение концентрации CO_2 приводит к уменьшению среднегодовой температуры планеты: при полном отсутствии CO_2 в атмосфере вся поверхность земли покрылась бы льдом, а среднегодовая температура не превышала бы -10°C .

В течение миллионов лет существовало природное равновесие содержания CO_2 в атмосфере, которое весьма существенно нару-

шено, в первую очередь, техногенной деятельностью человечества. Окислительно-восстановительные реакции горения органического топлива, как минимум, до середины следующего столетия останутся основой быстро развивающейся энергетики мира. За это время содержание CO_2 в атмосфере может возрасти еще в несколько раз. Как следствие в обозримом будущем следует ожидать потепления климата Земли. Подсчитано, что уже до 2001 года концентрация CO_2 в атмосфере увеличится, как минимум, еще на 17 %, что может привести к повышению среднегодовой температуры на $0,65^\circ\text{C}$ со всеми возможными неблагоприятными последствиями.

Однако существует и иная точка зрения. С начала XX века до 40-х годов (согласно данным гидрометеорологических наблюдений) среднегодовая температура Земли повысилась примерно на $0,7^\circ\text{C}$, а площадь арктических льдов уменьшилась на 10 %. Объясняли это увеличением концентрации CO_2 в атмосфере, ростом производства и потребления энергии, однако за последние 30 лет XX в, несмотря на рост CO_2 в два раза и продолжающееся увеличение производства и потребления энергии, температура земли не повысилась, а понизилась. Считают, что в рассуждениях о «парниковом эффекте» не принимается во внимание значение аэрозолей – мельчайших твердых частиц и капель жидкости, находящихся во взвешенном состоянии в приземном слое, тропосфере и стратосфере.

Аэрозоли и твердые частицы. Частицы могут попасть в атмосферу уже сформировавшимися (пыль, зола, сажа). Значительная же их часть образуется непосредственно в ней в результате химических реакций между газообразными, жидкими и твердыми веществами, включая пары воды.

Аэрозоли образуются в результате естественных природных процессов, хотя немалая их доля имеет антропогенное происхождение. Из 1–3 млрд. т/год частиц различного химического состава размером менее 1 мкм, образующихся над поверхностью Земли, примерно 20 % – результат практической деятельности человека (пыль, насыщенные вещества, токсичные металлы: свинец, ртуть, кадмий и др.; пестициды). Углеводороды включают в себя самые различные органические соединения, химическое превращение которых

в природных условиях расширяет число углеводородных частиц, опасных для биосферы, включая человека.

Аэрозоли техногенного происхождения, подобно CO_2 , способны влиять на климат Земли, только в противоположном направлении. Твердые частицы рассеивают солнечный свет, так что его существенная часть не достигает поверхности Земли. В результате тепловой баланс сдвинется в сторону понижения температуры. Следовательно, техногенно возможно как нагреть (углекислый газ), так и охладить (аэрозоль) Землю.

Определенную роль в материальных балансах процессов горения твердого и жидкого топлива, играют твердые продукты сгорания – зола. Зоельностью топлива называют балласт в расчете на сухую массу топлива. Она зависит от природы топлива и качества его выработки. Различают первичную золу – остатки минеральных примесей, входивших в состав топлива при его обрабатывании, вторичную золу – посторонние минеральные вещества, равномерно распределенные в горючей массе топлива, и породу – минеральные вещества, попавшие в топливо при его добыче.

Содержание первичной золы в сухой массе топлива обычно не превышает 1–1,5 %, породы – 2–2,5 %. Характеристиками золы, с точки зрения воздействия на окружающую среду, являются дисперсность, смешиваемость, сыпучесть, плотность, абразивность и электропроводность.

Разнообразные выбросы можно квалифицировать в зависимости от размеров частиц: пыль – твердые частицы размером 1–150 мкм; туман – твердые или жидкие частицы 0,2–1 мкм; дым – частицы 0,001–0,1 мкм; аэрозоли – в основном скопление газообразных молекул размерами от сотых долей до десятков микрометров.

Диоксид серы (SO_2). Выделяется в результате сжигания ископаемых видов топлива. Сернистый ангидрид SO_2 , один из наиболее токсичных газообразных выбросов энергоустановок, составляет примерно 90 % выбросов сернистых соединений с дымовыми газами котлоагрегатов (остальные – SO_3). Наибольшее количество серы содержат уголь и тяжелые виды нефтепродуктов; легкие нефтепродукты содержат меньшее количество серы, и, наконец, бензин и природный газ практически не имеют ее в своем составе.

Диоксид серы оказывает воздействие на окисление, разрушает материалы, вредно воздействует на здоровье человека. Продолжительность его пребывания в атмосфере относительно невелика: в сравнительно чистом воздухе 15–20 суток, в присутствии больших количеств аммиака и других веществ – несколько часов. В присутствии кислорода SO_2 переходит в SO_3 и, взаимодействуя с водой H_2O , образует серную кислоту. Конечные продукты указанных реакций распределяются следующим образом: в виде осадков на поверхность литосферы – 43 %, на поверхность гидросферы – 13 %; поглощается: растениями – 12 %, поверхностью гидросферы – 13 %. Накопление серосодержащих соединений, в основном, происходит в мировом океане. Воздействие этих продуктов на людей, животных, растения и другие различные вещества разнообразны, зависит от концентрации и других факторов окружающей среды.

Оксид азота (NO_x). Окислы азота образуются при сжигании любого из ископаемых видов топлив, содержащих азотные соединения. Азот образует с кислородом ряд соединений (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 и N_2O_5), свойства которых, активность и продолжительность существования различны и слабо зависят от вида и состава топлива. Суммарное количество оксидов азота приводят к NO_2 . Их концентрация определяется режимом и организацией процессов горения топлива.

Оксиды азота оказывают вредное воздействие на здоровье человека, способствуют образованию «парникового эффекта» и разрушению озонового слоя. Кроме того, NO_x вызывают «вымирание лесов» и «кислотные дожди».

Соединения CFC. Chlorinated Flour Carbons или фреоны относятся к отдельным малым газообразным примесям в атмосфере. Появляются, главным образом, в результате антропогенного воздействия (в результате процесса производства отдельных теплоизоляционных материалов, пенопласта), выделяются из хладагентов холодильников и морозильников. Фреоны (главные разрушители озонового слоя атмосферы) повышают уровень ультрафиолетового облучения Земли из космоса. Их присутствие в атмосфере способствует образованию «парникового эффекта».

Озон (O_3). Образуется на больших высотах (порядка 30 км) при взаимодействии кислорода O_2 и ультрафиолетового излучения солнца, а также на низких высотах озон – в результате фотохимических реакций (в частности, взаимодействия оксидов азота и гидрокарбонатов). Озон воздействует на «парниковый эффект», негативно влияет на здоровье человека, культивирование растений, вызывает «вымирание лесов».

Метан (CH_4). Образуется в результате разложения органических веществ, например, в сельском хозяйстве, при угледобыче, в процессе нефте- и газодобычи, газораспределения и сжигания биомассы. Метан также значительно способствует возникновению «парникового эффекта».

Веселящий газ (N_2O). Образуется из натуральных материалов при производстве пищевых продуктов и энергии. Оказывает некоторое воздействие на «парниковый эффект».

Аммиак (NH_3). Образуется только в сельскохозяйственном производстве. Оказывает интенсифицирующее и нейтрализующее действие на окисление. Воздействует на нарушение баланса примыкающих морей, озер, рек из-за внесения избыточного количества удобрений (эвтрофикации).

5.4. НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОДУКТАХ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Таким образом, в продуктах сгорания органического топлива, в первую очередь, в дымовых газах ТЭС, отопительно-производственных котелен и других промышленных и транспортных объектов содержится большое количество вредных для окружающей среды токсичных веществ. В случае работы теплоэнергетических установок удельные (табл.5.4) и валовые (табл.5.5) объемы этих выбросов зависят от типа топлива и мощности объекта (последнее касается только валовых выбросов).

Таблица 5.4 – Удельные показатели загрязнения атмосферы, г/кВт·ч (по данным Международного института прикладного системного анализа г. Вена)

Выбросы	Вид топлива			
	Каменный уголь	Бурий уголь	Мазут	Природный газ
SO ₂	6,0	7,7	7,4	0,002
NO _x	21,0	3,4	2,4	1,9
Твердые частицы	1,4	2,7	0,7	-
Фтористые соединения	0,05	1,11	0,004	-

Таблица 5.5 – Валовые выбросы (млн. кг/год) и расход топлива ТЭС мощностью 1000 МВт.

Выбросы	Вид и годовой расход топлива		
	Природный газ (1,9·10 ⁹ м ³)	Мазут (1,57·10 ⁶ т)	Уголь (2,3·10 ⁶ т)
SO _x	0,012	52,7	139,0
NO _x	12,0	22,0	21,0
CO	Незначительное	0,08	0,21
Твердые частицы	0,46	0,73	4,49
Гидрокарбонаты	Незначительное	0,67	0,52

Примечание: Содержание: в мазуте – S^p = 1,6 %; A^p = 0,05 %; в угле – S^p = 3,59 %, A^p = 9 %;

Токсичные и вредные выбросы оказывают разные воздействия на окружающую среду и имеют различные масштабы рассеивания и трансформации в атмосфере (табл.5.6).

Таблица 5.6 – Рассеивание и трансформация выбросов в атмосфере.

Вещества	Масштаб трансформации	
	Расстояние, км	Время существования
NO	10	1 час
NO ₂	100	2 суток
SO ₂	100	2 суток
HNO ₃	1000	4 суток

Таблица 5.6 – Продолжение

Вещества	Масштаб трансформации	
	Расстояние, км	Время существования
H_2SO_4	1000	4 суток
ПАУ	1000	4 суток
CH_4	В глобальном масштабе	10 лет

В зависимости от интегральных особенностей влияния на окружающую среду все вредные вещества разделяют на 4 класса опасности: 1 – чрезвычайно опасные (бенз (а) пирен – $C_{20}H_{12}$); 2 – высокоопасные (формальдегид – CH_2O , диоксид азота NO_2); 3 – умеренно опасные (сажа – С, диоксид серы SO_2 , оксид азота NO); 4 – мало опасные (аммиак – NH_3 , оксид углерода CO).

Концентрация вредных веществ в атмосфере соответствующим образом нормируется. Для этого вводятся предельно допустимые концентрации (ПДК), характерные для каждого вещества и изменяющиеся в зависимости от условий определения концентрации.

Различают следующие уровни ПДК:

- гранично допустимая максимально-разовая концентрация (ГДКм. р.) вредных веществ в воздухе местности, не вызывающая в течение 30 минут рефлекторных (произвольных) реакций в организме человека;
- гранично допустимая среднегодовая концентрация (ГДКс. с.) вещества в воздухе местности, не оказывающая вредного воздействия на человека в течение неопределенного длительного периода (годы);

Кроме того, для промышленных предприятий устанавливается ПДК рабочей зоны (ПДКр. з).

Все гранично допустимые концентрации устанавливаются на уровне дыхания человека.

Для характеристики токсичности используется показатель токсичности

$$Ai = \alpha_i \cdot \delta_i \cdot a_i$$

где α_i – вероятность накопления; δ_i – показатель действия на различные объекты (кроме человека); a_i – показатель относительной опасности (в сравнении с СО) определяется как

$$a_i = \left\{ \left(\text{ПДК}_{\text{с.с}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з}} \right) / \left(\text{ПДК}_{\text{с.с}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.зи}} \right) \right\}^{0,5}$$

Характеристики токсичных веществ, которые могут входить в состав продуктов сгорания теплоэнергетических установок, в первую очередь, ТЭС, приведены в табл.5.7.

Таблица 5.7 – Экологические характеристики наиболее вероятных токсичных компонентов в составе продуктов сгорания ТЭС

Вещества	ПДК, мг/м ³		Класс опасности	Поправка токсичности		Показатель токсичности	
	Рабочей зоны	Среднесуточная		α_i	δ_i	α_i	A_i
Оксид углерода (СО)	20	3.0	4	1.0	1.0	1.0	1.0
Аммиак (NH ₃)	20	0.04	4	1.0	1.2	8.66	10.4
Оксид азота (NO)	10	0.06	3	1.0	1.6	10.0	15.0
Диоксид серы (SO ₂)	10	0.05	3	1.0	1.5	11.0	16.4
Сажа (С)	4	0.05	3	2.0	1.2	17.3	41.5
Диоксид азота (NO ₂)	2	0.04	2	1.0	1.5	27.4	41.5
Формальдегид (CH ₂ O)	0.1	0.06	2	1.0	1.2	100	120
Метилмеркаптан (CH ₃ SH)	0.8	9·10 ⁻⁶	2	1.0	1.0	2890	2890
Бенз(а)пирен (C ₂₀ H ₁₂)	1.5·10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	1	2.0	1.0	6.3·10 ⁵	12.6·10 ⁵

Действие каждого из токсичных веществ определяется уровнем его концентрации в воздухе. Так, при концентрации NO₂ в воздухе: на уровне 150 частиц на миллион (ppr) или 300 мг/м³ – возмож-

ны серьезные заболевания дыхательных путей человека вплоть до его гибели; на уровне 50–100 ppm – опасные заболевания бронхитом или воспалением легких; на уровне 5 ppm (10 мг/м^3) – вредно для здоровья человека.

Кроме нормирования на уровне ПДК, существует нормирование на уровне предельно допустимых выбросов (ПДВ). Например, для дымовых газов ТЭС и других энергетических и промышленных объектов ПДВ вредных веществ устанавливают соответствие состояния воздушной среды населенных местностей гигиеническим нормативам при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях.

Для котлоагрегатов нормы ПДВ оксидов азота NO_x , устанавливаются, исходя из концентрации кислорода в дымовых газах на уровне 6 %, и зависят от категории котлоагрегатов и типа топлива (табл.5.8).

Таблица 5.8. Нормы ПДВ (NO_x , мг/м^3) для котлоагрегатов

Вид топлива	Котлы 1 категории		Котлы высшей категории	
	Паровая производительность, т/ч			
	≤420	>420	≤420	>420
Природный газ	320	390	300	350
Мазут	340	440	300	350
Бурый уголь и сланцы	550	550	500	500
Каменный уголь	600	750	500	500
Торф	790	890	650	700

Для газотурбинных установок (ГТУ) современные нормы ПДВ NO_x в странах СНГ составляют 150 мг/м^3 в дымовых газах (при содержании в них кислорода на уровне 25 %).

РАЗДЕЛ 6. ТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

6.1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

В зависимости от вида первичной энергии различают тепловые электростанции (ТЭС), гидроэлектрические станции (ГЭС), атомные электростанции (АЭС) и др. К ТЭС относятся конденсационные электростанции (КЭС) и теплофикационные или теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). Электростанции, обслуживающие крупные и жилые районы, получили название государственных районных электростанций (ГРЭС). В их состав, как правило, входят конденсационные электростанции, использующие органическое топливо и не вырабатывающие тепловой энергии наряду с электрической.

ТЭЦ также работают на органическом топливе, но, в отличие от КЭС, вырабатывают как электрическую, так и тепловую энергию в виде горячей воды и пара для теплофикационных целей. Атомные электростанции преимущественно конденсационного типа используют энергию ядерного топлива.

В ТЭЦ, КЭС и ГРЭС потенциальная химическая энергия органического топлива (угля, нефти или газа) преобразуется в тепловую энергию водяного пара, которая, в свою очередь, переходит в электрическую. Именно так производится ~ 80 % получаемой в мире энергии, основная часть которой превращается в электрическую на огромных тепловых электростанциях.

Следует отметить, что современная атомная и, возможно, будущая термоядерная электростанции также представляют собой тепловые станции. Отличие заключается в том, что топка парового котла (генератора тепловой энергии в виде водяного пара критиче-

ских и сверхкритических параметров) заменяется на ядерный или термоядерный реактор.

Гидравлические электростанции (ГЭС), в отличие от ТЭС и АЭС, используют возобновляемую первичную энергию, а именно энергию падающего потока воды, которая преобразуется в электрическую.

ТЭС, ГЭС и АЭС – основные энергогенерирующие источники, развитие и состояние которых определяют, в конечном итоге, уровень и возможности современной мировой энергетики и энергетики Украины, в частности.

Электростанции указанных типов называют также турбинными. Одной из основных характеристик электростанций является установленная мощность, равная сумме номинальных мощностей электрогенераторов и теплофикационного оборудования. *Номинальная мощность* – это наибольшая мощность, при которой оборудование может работать длительное время в соответствии с техническими условиями.

Из всех видов производства энергии наибольшее развитие в Украине получила теплоэнергетика как энергетика паровых турбин на органическом топливе. Удельные капиталовложения на строительство ТЭС существенно ниже, чем для ГЭС и АЭС. Значительно короче и сроки строительства ТЭС. Что касается себестоимости вырабатываемой электроэнергии, то она ниже всего для гидростанций. Стоимость электроэнергии производства на ТЭС и АЭС отличается не очень существенно, но все-таки ниже для АЭС. Однако эти показатели не являются определяющими для выбора того или иного типа электростанции. Многое зависит от места расположения станции. ГЭС строится на реке; ТЭС располагается обычно неподалеку от места добычи топлива. ТЭЦ желательно иметь рядом с потребителями тепловой энергии. АЭС нельзя строить вблизи населенных пунктов. Таким образом, выбор типа станции во многом зависит от их назначения и предполагаемого размещения.

С учетом специфики размещения ТЭС, ГЭС и АЭС определяют месторасположение электростанций и условия ее будущей эксплуатации: положение станции относительно центров потребления, что особенно важно для ТЭЦ; основной вид энергоресурса,

на котором будет работать станция, и условия его поступления на станцию; условия водоснабжения станции, приобретающие особое значение для КЭС и АЭС. Немаловажным является близость станции к железнодорожным и другим транспортным магистралям, к населенным пунктам. В последние десятилетия на себестоимость производства энергии, на выбор типа электростанции и места ее расположения решающее влияние оказывают экологические проблемы, связанные с получением и использованием энергоресурсов.

Глобальные проблемы окружающей среды особенно обострились в конце 80-х годов после установления фактов нарушения озонового слоя, увеличения концентрации углекислого и других газов в атмосфере и т. д. Всемирная конференция по изменению атмосферы (Торонто, 1988 г) предложила странам установить уровни выбросов до 2005 г. Согласно «Международного обзора рынка энергосистем», подготовленного американскими экспертами, до 2015 г. объемы выбросов CO_2 достигнут 9700 млн. т, что на 61 % больше чем в 1990 г. Две трети этих выбросов приходится на страны, энергетика которых зависит главным образом от угля.

О значительной техногенной нагрузке та территорию Украины свидетельствуют данные об уровнях выбросов в докризисном 1989 г.: пыли – 2 млн. т, SO_2 – 3,1 млн. т, CO_2 – 3,7 млн. т, CO – 0,8 млн. т. После аварии на Чернобыльской АЭС, радионуклидами загрязнено 4,6 млн. га пахотных земель, выключено из землеиспользования 119 тыс. га. Только радиоактивное загрязнение цезием – 137 составляет: 34000 км^2 – $1 \div 5$ кюри на квадратный километр; 1960 км^2 – $5 \div 15$; 820 км^2 – $15 \div 40$; 640 км^2 – свыше 40 кюри на 1 км^2 .

Таким образом, в ряде регионов Украины масштабы загрязнения окружающей среды достигли критического уровня. Главные загрязнители атмосферы – энергетика, металлургия и транспорт. С ростом современного энергопроизводства и энергопотребления загрязнение атмосферы превратилось в важную технико-экономическую и социальную проблему.

6.2. ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИЕ МОЩНОСТИ УКРАИНЫ

Потенциал электроэнергетики Украины составляют 44 мощных ТЭС, 7 ГЭС и 5 АЭС (табл.6.1).

Таблица 6.1 – Техничко-экономические показатели работы энергоблоков ТЭС Минэнерго Украины (конец XX ст.)

Тип электростанции	Установленная мощность		Производство электрической энергии	
	млн. кВт	Доля в %	млн кВт·час	Доля в %
ТЭС	36,4	67,5	33,98	39,1
ГЭС	4,7	8,7	9,73	11,2
АЭС	12,8	23,8	40,76	46,9
Прочие источники энергии			2,43	2,8
Всего	53,9	100	86,9	100

Главная роль принадлежит тепловым электростанциям, оборудованным в основном блоками 150, 200, 300 и 800 тыс. кВт. Наиболее крупные тепловые электростанции Украины: Угледорская (3600 МВт), Запорожская (3600 МВт), Криворожская (2820 МВт), Бурштинская (2300 МВт), Змиевская (2150 МВт), Ладыженская, Трипольская (1800 МВт). Все они, как и многие другие ТЭС, расположены в основных промышленных регионах Украины.

Работа ТЭС обеспечивается за счет использования двух видов природных ресурсов: топлива и воды. На первом месте среди них – топливо (табл.6.2).

Конденсационная электростанция мощностью 2.5 млн. кВт сжигает в год около 6 млн. тонн антрацитового штыба или около 12 млн. тонн бурого угля. Для перевозки 6 млн. тонн угля в год необходимо 300 вагонов в сутки. Транспортные расходы растут пропорционально расстоянию от места добычи до ТЭС. При мощности

электростанции около 4 млн. кВт транспорт высококачественного топлива не выгоден уже при расстоянии около 400 км, а низкокалорийных – 100 км.

Более рационально строить станцию вблизи места добычи топлива, а электроэнергию подавать по линиям электропередач. Кроме того, на охлаждение отработанного тепла и конденсата данной электростанции расходуется около 90 м³/с воды. Пруд-охладитель, который обеспечивает подачу и охлаждение такого количества воды, должен иметь площадь зеркала не менее 2500 га. Использование градиен для охлаждения воды снижает термический КПД станции. Поэтому крупные ТЭС строят в местах, близких к месторождениям топлива, где возможно создание пруда-охладителя.

Таблица 6.2 – Структура природного топлива в производстве электроэнергии (конец XX ст)

Природное топливо	1992	1993	1994	1995
Уголь (млн. т)	42,9	42,9	36,6	39,9
Мазут топочный (млн. т)	7,4	4,8	3,0	2,4
Газ природный (млрд. м ³)	26,5	20,2	29,5	14,4
Всего (млрд. т. у. т.)	65,7	55,8	47,9	45,8

С учетом сказанного, можно отметить четкую тенденцию «очагового» расположения крупных тепловых электростанций Украины: полосой от Дона до Днестра (Славянская, Змиевская, Приднепровская, Запорожская, Криворожская и др.)

Энергетические установки и оборудование, в первую очередь, ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС, работающие на органическом топливе, практически уже давно выработали свой ресурс (эксплуатируются 20 и более лет), катастрофически «стареют» и требуют замены. В то же время в последние годы ввода новых мощностей нет и не ожидается. В результате наблюдается ухудшение условий эксплуатации тепловых электростанций, снижение КПД производства электрической и тепловой энергии, быстрый износ оборудования, выброс в атмосферу высокотоксичных веществ, отчуждение значительных территорий под золошлаковые отходы (только на Змиевской ГРЭС ежегодно сбрасывается 800 тыс. т золошлаковых отходов и 300 т золы в сутки

в атмосферу). Из 145 млн. т вредных веществ, выбрасываемых энергетическими станциями СНГ в атмосферу в 1995 г., на территорию Украины приходилось около 3,0 млн. т. Физический износ основных фондов ТЭК составляет более 50 %.

Атомные электростанции. Следовательно, объективно необходимо рассмотреть состояние и возможности атомных электрических станций и атомных теплоэлектроцентралей как одного из альтернативных звеньев всей энергопроизводящей (электро- и тепло-) промышленности Украины. Тем более, что это сейчас единственная подотрасль энергетики Украины, работающая достаточно стабильно и вносящая около 40 % электроэнергии в общий энергетический баланс. Украина имеет собственные запасы ядерного топлива, хотя проблемы его подготовки также требуют времени и средств. Таким образом, собственное развитие атомной энергетики – реальный путь обретения энергетической независимости.

Атомные электростанции характеризуются более крупными энергоагрегатами и, соответственно, большими мощностями электростанций. В Украине 5 АЭС: Запорожская – мощностью 6000 МВт, Южно-Украинская – 3000 МВт, Ровенская – 1818 МВт, Чернобыльская – 1000 МВт и Хмельницкая – 1000 МВт, оснащенные, в основном, паротурбинными блоками 1000 МВт с реакторами ВВЭР. Их суммарная установленная мощность составляет ~ 24 % от общей мощности электростанций Украины. Однако именно они вырабатывают почти 50 % всей электроэнергии страны (табл.6.1.).

Таким образом, АЭС заняли в энергетике Украины ведущее место. Их эксплуатация сопряжена с целым рядом проблем, связанных прежде всего с захоронением радиоактивных отходов.

Уже было сказано об отводе тепла конденсата с помощью прудов – охладителей: если ТЭС мощностью 4 млн. кВт требуется площадь 4000 гектар, то для АЭС – до 6000 гектар. Существуют и другие способы отвода тепла на электростанциях, например, использование проточной воды рек, применение градирен. Но первый из них на территории Украины, практически, полностью исчерпан, а второй не позволяет получить максимальный КПД станции. К тому же, тепловой поток от градирен более плотный, чем от прудов – охладителей. Удельное тепловыделение при использовании прудов –

охладителей составляет около одного кВт на каждый квадратный метр охладителя. Насколько велика эта цифра можно оценить на таком примере: в дневное время Солнце посылает на Землю удельный тепловой поток $0,14 \text{ кВт/м}^2$.

Серьезное воздействие электроэнергетики на окружающую среду проявляется в региональных искажениях климатических условий, в связи с концентрацией больших объемов тепловых выбросов на сравнительно малых площадях. Так, ТЭС на органическом топливе имеет тепловые выбросы, эквивалентные полуторной мощности. Станция мощностью 4 млн. кВт выделяет в окружающую среду 6 млн. кДж/с. АЭС имеет еще большие тепловые выбросы: при той же мощности в 4 млн. кВт в секунду будет выбрасываться 9,2 млн. кДж/с, т. е. в полтора раза больше, чем для тепловой электростанции. Тепловые потоки крупных электростанций, при их сравнительно плотном расположении, как это имеет место в Украине, могут смыкаться и создавать барьеры повышенной теплоотдачи и парообразования. Эти барьеры могут нарушать веками установившиеся сезонные перемещения масс воздуха в регионах, что приведет к резким климатическим изменениям.

Гидравлические электростанции. Создание гидроэлектростанций, как правило, обеспечивает не только выработку электроэнергии, но благодаря наличию водохранилища позволяет решать ряд других важных народнохозяйственных задач, связанных с судоходством, водоснабжением, орошением, развитием рыбного хозяйства и рекреацией.

Примером такого комплексного решения народнохозяйственной задачи служит Каскад ГЭС на Днепре (рис.6.1). Из общей установленной мощности ГЭС и ГАЭС Украины (4,7 млн. кВт) более 3,8 млн. кВт приходится на долю шести ГЭС этого каскада: Киевской – мощностью 361,2 МВт, Каневской – 444 МВт, Кременчугской – 625 МВт, Днепродзержинской – 352 МВт, Днепровской – 1532 МВт и Каховской – 351 МВт.

Рядом с Киевской ГЭС сооружена гидроаккумулирующая электростанция, обеспечивающая снятие пиковых нагрузок, в основном, для Киева в утренние и вечерние часы, когда потребность в электроэнергии резко возрастает. Мощность Киевской ГАЭС – 235,5

МВт. На р. Днестр неподалеку от г. Могилев-Подольский сооружена Днестровская ГЭС мощностью 702 МВт, в Закарпатской области – Теренбня-Рикская ГЭС мощностью 27 МВт.

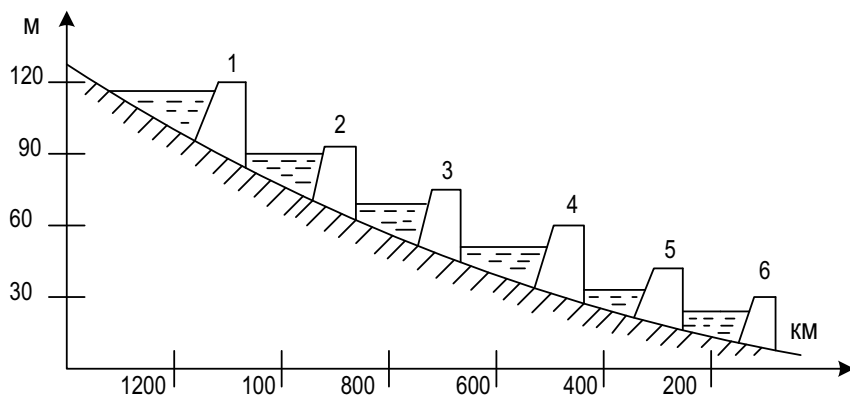


Рис. 6.1 – Каскад электростанций на р. Днестр:

1 – Киевская; 2 – Каневская; 3 – Кременчугская; 4 – Днепродзержинская;
5 – Днепровская; 6 – Каховская.

Структура первичных энергетических ресурсов в производстве электрической энергии и тепла электростанциями объединенной энергетической системы Украины представлена в табл.6.3.

Таблица 6.3 – Структура энергетических ресурсов в производстве электрической энергии и тепла электростанциями ОЭС Украины (конец XX ст).

Вид энергоресурсов	Единицы измерения	1995	1996	1997
Уголь	млн. т	39,6	31,3	29,9
	млн. т. у. т.	24,3	18,2	18,0
	%	34,0	29,9	26,8
Мазут	млн. т	2,4	1,7	1,3
	млн. т. у. т.	3,3	2,3	1,8
	%	4,6	3,8	2,7

Таблица 6.3 – Продолжение

Вид энергоресурсов	Единицы измерения	1995	1996	1997
Газ	млн. т	14,4	14,3	12,8
	млн. т. у. т.	16,5	16,3	14,6
	%	23,1	26,7	21,8
Гидроэнергия	млн. т. у. т.	3,4	2,4	3,6
	%	4,8	3,9	5,4
Ядерная энергия	млн. т. у. т.	23,9	21,8	29,0
	%	33,5	35,7	43,3
Всего	млн. т. у. т.	71,4	61,0	67,0

Как видно из табл.6.3, первичные энергоресурсы распределены следующим образом: ядерная энергия – 43,3 %, уголь – 26,8 %, газ – 21,8 %, гидроэнергия – 5,4 %. Прослеживается четкая тенденция уменьшения сжигания органического топлива: угля (с 24,3 до 18 млн. т. у. т.), газа (с 23,1 до 21,8 млн. т. у. т.) и мазута (с 4,6 до 2,7 млн. т. у. т.) при значительном увеличении использования ядерной энергии (с 33,5 до 43,3 млн. т. у. т.). К концу XX века, главными видами энергетических ресурсов электростанций Украины становятся уголь и ядерное топливо, а основным производителем электроэнергии – атомные станции. Их составная часть в общем объеме производства электрической энергии, по-видимому, будет возрастать и в дальнейшем.

Производство энергии в Украине во многом зависит от импорта энергоресурсов. Доля собственных ТЭР составляет в топливно-энергетическом балансе страны около 50 %. Обеспеченность собственным углем оценивается на уровне 92 %, нефтью – 18 %, природным газом – 22 %. Ядреное топливо полностью импортируется из России.

Причины такой зависимости, как минимум, две: высокая энергоемкость производимой продукции и отсутствие реальной политики энергосбережения во всех отраслях народного хозяйства. Высокий уровень энергоемкости ВВП Украины обусловлен несовершенством структуры ее экономики, физическим и моральным износом применяемых технологий, отсутствием экономических стимулов эффективного использования энергоресурсов.

За последние годы (с 1990 по 2000 гг) энергоемкость ВВП увеличилась в среднем на 40 %, в том числе: топливоемкость – на 35 %, электроемкость на 50 %. И связано это, главным образом, с тем, что, несмотря на сокращение объемов производства, практически, не изменился расход энергии и топлива на общие нужды предприятий, особенно в жилищной и коммунально-бытовой сфере (табл.6.4).

В связи со структурной перестройкой народного хозяйства, социальной переориентацией экономики в перспективе возрастает потребление топлива жилищно-коммунальным сектором и на производство тепловой энергии предприятиями коммунальной энергетики и снижается потребление в промышленности

В 1995 г. израсходовано 189,6 млн. т. у. т. первичных топливных ресурсов для внутреннего потребления, из них за счет собственных первичных ресурсов всего 43,3 %, доля которых в объеме 2010 г. возрастет до 60,8 %. Если потребность в угле удовлетворена полностью за счет собственных ресурсов, то нефти – только на 15,5 %, а в природном газе – на 43,9 %.

Вместе с тем, природно-климатические условия Украины дают возможность достаточно эффективно использовать нетрадиционные первичные источники энергии: метан угольных месторождений, биогаз попутных отходов, энергию ветра, солнечную и геотермальную энергию. К 2010 г. предусматривается довести производство электроэнергии на их базе до 10,9 млрд. кВт. ч и тепловой энергии – до 16,8 млн. Гкал, а также использовать 8 млрд. куб. м метана угольных месторождений.

Таблица 6.4 – Использование электрической энергии в Украине (конец XX ст.).

Отрасль экономики	Единицы измерения	1995	1996	1997
Промышленность, строительство, транспорт	млрд. кВт·ч	92,7	84,8	83,4
	% от общего использования	61,3	60,6	62,1
Сельское хозяйство	млрд. кВт·ч	13,6	11,9	10,0
	% от общего использования	9,0	8,5	7,4

Таблица 6.4 – Продолжение

Отрасль экономики	Единицы измерения	1995	1996	1997
Коммунально-бытовое хозяйство	млрд. кВт·ч	18,0	17,7	17,0
	% от общего использования	11,9	12,7	12,6
Население	млрд. кВт·ч	27,0	25,4	24,0
	% от общего использования	17,8	18,2	17,9
Всего	млрд. кВт·ч	151,3	139,8	134,4

Удовлетворение потребности Украины в топливе связано, в первую очередь, с сокращением использования природного газа и увеличением доли твердого топлива при производстве электрической и тепловой энергии. Это позволит снизить зависимость экономики Украины от дорогого импортного газа. Однако перераспределение видов используемого топлива в сторону твердого обостряет и без того не простую экологическую обстановку, в первую очередь, в крупных промышленных центрах.

6.3. ОБЪЕКТЫ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

К малой энергетике относится практически все не относящееся к системе Минэнерго теплогенерирующее и теплоиспользующее оборудование. Это промышленные ТЭЦ и котельные, все оборудование коммунальной энергетики, заводские котельные и ТЭС, промышленные печи, бытовые энергоустановки различной теплопроизводительности. Для нее характерен низкий уровень экономичности, надежности и безопасности, в том числе и экологической. Малая энергетика потребляет более 60 % всего топлива ТЭК Украины. Объемы потребления газообразного, жидкого и твердого топлива составляют (в условном топливе) соответственно 49 %, 20 % и 31 %.

В Украине насчитывается около 2,0 млн. единиц топливосжигающих установок, которые относятся к малой энергетике. Значительная часть из них (около 1,5 млн.) – малометражные котлы теплопроизводительностью менее 0,1 МВт.

Особую группу энергогенерирующего оборудования малой энергетики составляют промышленные ТЭЦ (243 единицы общей мощностью 3100 МВт). Общая выработка электроэнергии промышленными ТЭЦ в 1995 г. составила 5,7 млн. кВт. ч, а тепловой энергии – 43,3 млн. Гкал. При этом израсходовано 11,3 млн. т. у. т., в том числе 7,5 млрд. куб. м газа, 1,7 млн. т жидкого топлива (в основном топочного мазута) и 0,4 млн. т угля. Техничко-экономические показатели большинства указанных ПТЭЦ весьма низки, воздействие же на экологию очень велико.

Крупнейшими потребителями топлива являются также промышленно-производственные и отопительные котельные, из которых 1750 имеют единичную установленную мощность свыше 20 Гкал. ч.

В Украине 25 областей, в среднем каждая из них насчитывает около 13 тыс. единиц топливоиспользующего оборудования, в том числе 3600 котельных. Из них на газе работают 690 (суточное потребление газа 7500 тыс. куб. м), на жидком топливе – 1080 (1975 т/сутки). Распределение топлива отличается смещением в сторону большего потребления природного газа (порядка 70 %). При этом доля твердого топлива составляет – 11 %, а жидкого – около 15 %.

Анализ объектов малой энергетики позволяет констатировать следующее:

- 15 % котельных работает на твердом топливе, хотя в отдельных областях (Харьковской, Запорожской, Сумской) этот процент выше (30–35 %); в целом около 3700 котельных (75 %) работает на природном газе и 457 (10 %) на жидком топливе;
- в указанных котельных эксплуатируется 18 тыс. котлов установленной теплопроизводительностью порядка 43 тыс. МВт (37 тыс. Гкал/ч) со средней установленной теплопроизводительностью одной котельной 9,0 МВт (7,5 Гкал/ч);
- в каждой котельной в среднем 3÷4 котла;

- по установленной теплопроизводительности количество котельных распределяется следующим образом: до 3,5 МВт – 3000 (61 %); 3,5–25 МВт – 1500 (31 %), более 25 МВт – 375 (8 %)

На предприятиях другой топливоемкой отрасли (пищевой промышленности) работает еще около 2,7 тыс. паровых котлов, более половины, из которых эксплуатируется свыше 20 лет, а 25 % требует срочной замены. Примерно такое же положение с котельными и в других отраслях. Требует замены и модернизации оборудование упоминаемых ранее промышленных ТЭЦ.

Таким образом, одним из крупнейших потребителей топлива являются энергогенерирующие мощности системы теплоснабжения малой энергетики, на нужды которой затрачивается первичных ТЭР больше, чем на любую другую отрасль народного хозяйства. Эффективность использования топлива и экологические показатели систем теплоснабжения не отвечают современным требованиям научно-технического прогресса. Имеется большое количество низкоэффективных котельных и индивидуальных теплогенераторов, сжигающих наиболее дефицитные виды топлива – газ, мазут (порядка 60 % от общего количества топлива, потребляемого всем ТЭК). Средневзвешенный удельный расход условного топлива на выработку тепловой энергии весьма высок (43,5 кг у. т./ГДж или 181,9 кг у. т./Гкал) и соответствует КПД чуть более 75 %. Это указывает на несовершенство котельного парка Украины. В целом ряде случаев тепловые КПД мелких котельных и индивидуальных источников в 1,5 , 2,0 раза ниже технически допустимого уровня.

Более половины топлива, расходуемого на нужды теплоснабжения, сжигается в таком энергорасточительном оборудовании. В современных условиях Украины удельный расход топлива должен быть снижен на 10÷12 %, а в газовых котельных – не менее чем на 15 %.

Все эти источники теплоты являются крупнейшими потребителями первичных ТЭР и трудовых ресурсов, загрязнителями окружающей среды. Они во многом способствуют увеличению экологической нагрузки на города и населенные пункты. Так, например, в Донбассе из более чем 8350 стационарных объектов – источников загрязнения окружающей среды 1834 – объекты малой энергетики: 785 промышленных котельных с 2355 котлами и 1049 коммунально-

бытовых котельных с 3736 котлами. Только 930 из них (чуть более 15 % от общего количества котлов-агрегатов) оборудовано пылеулавливающими устройствами. Причем степень улавливания газообразных выбросов составляет менее 40 %. В Украине отсутствует производство высококачественного пылегазоочистного оборудования для продуктов сгорания различных видов топлива котельных агрегатов и промышленных печей.

Более совершенными в экономическом и экологическом отношении являются теплоэлектроцентрали и крупные районные котельные. Однако их использование экономически оправдано лишь при наличии крупных централизованных потребителей. Необходимость в протяженных и дорогостоящих тепловых сетях заметно снижает эффективность ТЭЦ и масштабы их использования.

Малая энергетика Украины, как и в других странах СНГ, формировалась в условиях представления о централизованном теплоснабжении как единственно верном направлении теплоэнергетики. Поэтому в настоящее время она нуждается в коренных преобразованиях, направленных на создание надежной и комфортной системы тепло- и электроснабжения на уровне мировых достижений с минимальным расходом органического топлива и других ресурсов. Это подразумевает разумное сочетание централизованной и децентрализованной систем энергоснабжения, максимальное использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, существенное снижение тепловой и загрязняющей нагрузки на окружающую среду в соответствии с международными нормами, стандартами и достижениями.

РАЗДЕЛ 7. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

7.1. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – ОСНОВА АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.

Итак, характер взаимодействия между человечеством и природой определяется, прежде всего, человеком, его воздействием на окружающую среду. Существующие модели развития общества обозначили прямо пропорциональную зависимость между научно-техническим прогрессом (символом благополучия и благоденствия) и потреблением энергии на душу населения.

В странах Западной Европы оно составляет более трех условных тонн угля в год (около 100 ГДж), в США и Канаде – в три раза выше (~ 300 ГДж), в большинстве стран Африки – в 30-40 раз ниже. Сейчас, совершив очередной виток по спирали эволюции, человечество вступает в эпоху нетрадиционной энергетики.

Проблема использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в различных отраслях народного хозяйства начиная со второй половины XX века привлекает пристальное внимание научной общественности многих стран мира. Такие потрясения, как энергетический кризис 1973 г. и Чернобыльская катастрофа 1986 г, заставили большинство стран пересмотреть свою энергетическую политику в отношении темпов и перспектив их практического применения. Более того, если раньше мировое сообщество волновал вопрос возможности надежного обеспечения энергией, то в настоящее время, в условиях все возрастающей эко-

логической нагрузки, главной проблемой стала интеграция энергии и экологии.

Интерес к ВИЭ вызван двумя основными причинами (отрицательными тенденциями развития традиционной энергетики) – быстрым истощением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды. По данным ООН, уже с середины XXI века предполагается истощение основных видов ископаемого топлива – угля и урана (U^{238}). Перспективные технологии традиционной энергетики, повышая эффективность использования первичных ТЭР, не улучшают экологическую ситуацию. Тепловое, химическое и радиоактивное загрязнение окружающей среды может привести к самым катастрофическим последствиям.

Нетрадиционная энергетика – это превращение и использование энергии Солнца прямыми и косвенными методами. Практически все энергетические ресурсы Земли являются в конечном итоге продуктами деятельности Солнца. Прямые методы использования солнечной энергии основаны на превращении энергии радиационного теплообмена в электрическую и тепловую. Косвенные – позволяют использовать кинетическую и потенциальную энергию, возникающую вследствие солнечного излучения с геосферами.

К основным нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относятся: энергия солнца, ветра, тепла Земли (например, парогидротермическая), биомассы (органические отходы в хозяйственной деятельности человека, энергетические плантации), океанов и морей (например, приливов и отливов, температурного градиента), нетрадиционные виды гидроэнергетики (малых рек, гидроаккумулирующих систем), а также вторичные энергетические ресурсы (тепловые отходы промышленных и сельскохозяйственных предприятий).

Суммарный потенциальный вклад всех ВИЭ в мировой энергетический баланс уже к концу 2000 г. составил около 10%. Объем использования отдельных видов ВИЭ распределяется следующим образом (в млн. т.у.т.): солнечная энергия (на горячее водоснабжение и отопление) – 36; геотермальная энергия – 29; энергия ветра – 7; энергия биомассы – 7; другие виды энергии – 7; всего – 86 млн. т.у.т.

Великий энергетический кризис 70-х г. и осознание последствий Чернобыльской катастрофы сделали свое дело: мировое сообщество в целом ищет «новую энергию», в первую очередь, в направлении использования ВИЭ (табл.7.1). Необходимость и возможность развития в Украине данного направления обусловлены следующими причинами:

- дефицитом традиционных для Украины ТЭР;
- дисбалансом в развитии энергетического комплекса Украины, ориентированного, во-первых, на централизованное электро- и теплоснабжение и, во-вторых, на значительное (свыше 40%) производство энергии на АЭС при фактическом отсутствии производств по получению ядерного топлива, утилизации и переработке отходов, а также производства по модернизации оборудования действующих АЭС (ядерных реакторов, котельного оборудования и т. д.);
- наличием научно-технической и промышленной базы, пригодной для производства практически всех видов оборудования нетрадиционной энергетики;
- благоприятными климато-метеорологическими условиями для использования основных видов ВИЭ.

Исходя из географических, научно-экономических и экологических факторов, для Украины целесообразно рассматривать использование таких ВИЭ, как энергия солнца, ветра, биомассы, малых рек, геотермальная энергия, ресурсы которых представлены в табл.7.2.

Таблица 7.1– Выработка тепловой и электрической энергии в странах ЕС с помощью возобновляемых источников энергии

Тип ВИЭ	Выработка энергии, млн.т.н.э.		Общие капитальные затраты в 1997-2000 гг., млрд.\$	Снижение выбросов CO ₂ к 2010 году, млн.т/год
	1995	2010		
Ветроэнергетика	0,35	6,9	34,56	72,0
Гидроэнергетика	26,4	30,55	17,16	48,0
Фотоэлектрическая энергетика	0,002	0,26	10,8	3,0

Таблица 7.1– Продолжение

Тип ВИЭ	Выработка энергии, млн.т.н.э.		Общие капитальные затраты в 1997-2000 гг., млрд.\$	Снижение выбросов CO ₂ к 2010 году, млн.т/год
	1995	2010		
Биомасса	44,8	135	100,8	255,0
Геотермальная энергетика	2,5	5,2	6,0	5,0
Солнечные тепловые коллекторы	0,26	4,0	28,8	19,0
Всего	74,3	182	198,12	402,0

Примечание: теплотворная способность 1 тонны нефтяного эквивалента (1 т.н.э) - $Q^p_n = 41,9$ МДж/кг.

Использование энергии возобновляемых источников позволит снизить потребление дефицитных для Украины нефтепродуктов (при общем объеме – примерно 300 млн.т.у.т/год) на 5÷6%, в том числе за счет использования гелиоресурсов – на 1,7%, ветроэнергии – на 2,8%; геотермальной энергии – на 0,1%; биогаза – на 0,2%; гидроэнергии рек – на 0,9%; (в т.ч. больших – 0,6%; малых – 0,3%).

Особо следует отметить, что в настоящее время более чем половину первичных энергоносителей (газ и нефть) Украина вынуждена закупать в России и Туркменистане. Хорошо известно, что углеводородные энергоресурсы исчерпаемы, и время их эффективной добычи и использования не превышает 30–50 лет. В то же время, имеет место ярко выраженная тенденция увеличения энергопотребления, в первую очередь, за счет развивающихся стран, например, Китая, Индии, Пакистана и др. В этих условиях только возобновляемая энергетика в состоянии компенсировать существенную часть потребляемой энергии.

Остановимся на общих вопросах и перспективах развития и практического использования возобновляемой энергии для повышения эффективности и экологической чистоты энергоснабжения и энергопотребления. Рассмотрим возобновляемые энергоресурсы солнца, ветра, геотермальные и гидравлические, общий потенциал биомассы в мире и в Украине для получения биогаза и биотоплива

Таблица 7.2..Ресурсы возобновляемых источников энергии Украины.

Источник энергии	Теоретический потенциал МВт/час год	Использование в данное время		Технический потенциал		Рекомендуемый объем использования	
		МВт/ час год	т.ут.	МВт/ час год	т.ут	МВт/час год	т.ут.
Гелиоресурсы	$720 \cdot 10^9$	$81 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$0,13 \cdot 10^9$	$0,16 \cdot 10^9$	$30 \div 40 \cdot 10^9$	$3,6 \div 4,8 \cdot 10^6$
Ветроэнергетика	$965 \cdot 10^9$	$0,8 \cdot 10^3$	$0,096 \cdot 10^3$	$0,36 \cdot 10^9$	$40 \div 70 \cdot 10^9$	$4,8 \div 8,4 \cdot 10^6$	$4,8 \div 8,4 \cdot 10^6$
Геотермальная энергетика	$5128 \cdot 10^9$	$0,4 \cdot 10^3$	$0,049 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$	$2800 \cdot 10^6$	$230 \cdot 10^6$
Биоэнергия с/х отходов	$12,5 \cdot 10^6$	$0,14 \cdot 10^3$	$0,002 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$
Гидроэнергетика в том числе:	$42,4 \cdot 10^6$	$10,2 \cdot 10^6$	$1,22 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$
■ большая	$25,0 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^6$	$1,16 \cdot 10^6$	$15,1 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$	$15,1 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$
■ малая	$17,4 \cdot 10^6$	$0,5 \cdot 10^6$	$0,06 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$

как основу будущего альтернативной энергии, а также покажем необходимость подготовки специалистов по нетрадиционной энергетике и энергетическому менеджменту.

Общее мировое потребление первичной энергии во всех ее формах составляет приблизительно $400 \cdot 10^{18}$ Дж в год, что соответствует 9500 миллионам тонн нефтяного эквивалента (млн тонн н.э.) (табл. 7.3).

Таблица 7.3 - Ежегодное мировое потребление первичных энергоносителей

Источник энергии	Потребление, 10^{18} Дж	Потребление, млн тонн н. э.
Нефть	131	3128
Уголь	91	2164
Природный газ	75	1781
Биомасса	55	1310
Гидро	24	561
Атомная	22	532
Всего	398	9476

При таком масштабном использовании первичных источников энергии возникают две глобальные проблемы: экологическая и энергетическая. Данные проблемы комплексные, связанные с целым рядом факторов: научно-технических, правовых, организационно-экономических. Определяющим является выработка соответствующих подходов и концепции, на некоторых из которых, относящихся к использованию источников возобновляемой энергии, остановимся ниже.

Как было показано ранее, в последние годы ученые мира с большим беспокойством говорят о быстром накоплении вредных веществ в атмосфере (например, оксидов азота, серы, углекислого газа в количестве 22620 тыс. т ежегодно). Следствием этого является «парниковый эффект», тепловое загрязнение, повышение температуры и ухудшение климата Земли. Еще в 1992 году в Рио-де-Жанейро (Бразилия) и в 1997 в Киото (Япония) 183 страны, в том числе Украина, подписали конвенцию по климату,

лишний раз подтвердив, что изменение климата – общечеловеческая проблема.

Анализ показывает, что на планете значительно изменился топливно-энергетический баланс: удельный вес нефти составляет 44 %, природного газа – 18 %, угля – 35 %. По оценке экспертов, всего органического топлива на уровне его использования в 2005 г., хватит человечеству примерно на 150 лет. Предполагается, что до 2050 года будет израсходовано 90 % всех известных мировых запасов нефти и газа. Ориентировочный прогноз следующий: по запасам нефти – 30 лет, газа – 25 лет, угля – 700 лет, трансурановым – 150 лет. Экологический ущерб, наносимый использованием невозобновляемых органических энергоносителей (угля, нефти, мазута) и ядерного топлива, их быстрое истощение требуют широкого внедрения генерации тепловой и электрической энергии на основе нетрадиционных экологически чистых источников энергии, в первую очередь, возобновляемых.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это те запасы, которые восполняются естественным образом, прежде всего, за счет поступающего на поверхность Земли потока энергии солнечного излучения. В обозримой перспективе они (сама солнечная энергия и ее производные: энергия ветра, растительной биомассы, водных потоков и т. п.) практически неисчерпаемы. Поэтому вся мировая энергетика развивается в направлении их использования. Такие страны, как Германия, США, Испания, Швеция, Дания, Япония планируют в первой половине 21 столетия увеличить долю ВИЭ в общем энергобалансе до 20 – 50 % (см. табл. 7.4).

Европейское сообщество предусматривает до 2010 года удвоение части энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками, (ветра, солнца, биомассы, гидроэнергии и др.) в общем энергоснабжении – с 6 % до 12 %. Подобные цифры являются и для Украины необходимым условием вступления в ЕС. Впечатляет развитие ВИЭ в Германии, где только в сфере использования солнечной энергетики занято 30000 человек, а годовой оборот средств составляет 2 млрд. евро. Аналогичная ситуация в Дании, Испании, Швеции, Финляндии, Австрии.

Таблица 7.4 - Выработка тепловой и электрической энергии из ВИЭ в странах ЕС

Тип возобновляемых источников энергии	Производство энергии				Общие капитальные затраты в 1997 – 2010 г., млрд \$	Снижение выбросов CO ₂ до 2010 г., млн т/год
	1995 г.		2010 г.			
	млн т н. э.	%	млн т.н. э.	%%		
Ветроэнергетика	0,35	0,5	6,9		34,56	72
Гидроэнергетика	26,4	35,5	30,55	16,8	17,16	48
Фотоэлектрическая энергетика	0,002	0,003	0,26	0,1	10,8	3
Биомасса	44,8	60,2	135	74,2	100,8	255
Геотермальная энергетика	2,5	3,4	5,2	2,9	6	5
Солнечные тепловые коллекторы	0,26	0,4	4	2,2	28,8	19
Всего	74,3	100	182	100	198,12	402

В настоящее время, несмотря на существующие экономические трудности переходного периода, Украина по уровню освоения таких ВИЭ, как биомасса вышла на первое место среди стран СНГ. Имеются все основания для оптимистичных прогнозов ее дальнейшего развития (табл. 7.5).

Таблица 7.5 - Вклад различных ВИЭ в производство энергии в Украине (2001 г.)

Большая гидроэнергетика	78,8 %	Ветроэнергетика	0,2 %
Биоэнергетика	17,79 %	Геотермальная энергетика	0,07 %
Малая гидроэнергетика	3,1 %	Солнечные тепловые коллекторы	0,04 %
Всего 100 %			

Приведем краткую характеристику возобновляемых источников энергии по виду энергоустановок.

Ветроэлектрические установки (ВЭУ). Наиболее распространенным типом ВЭУ является ветровая турбина с горизонтальным

валом, на котором установлено рабочее колесо с различным числом лопастей – чаще всего 2, 3. Турбина и электрогенератор размещаются в гондоле, установленной на верху мачты.

ВЭУ используют для генерирования электрической энергии, зарядки аккумуляторов для работы совместно с дизель - генераторами и комбинированными ветро-солнечными установками, в том числе, установленными на мелководье (оффшорные станции) и на береговой линии рек и морей.

Солнечный коллектор представляет собой теплоизолированный с тыльной стороны ящик, внутри которого помещена тепло-воспринимающая металлическая панель, закрытая сверху светопрозрачным ограждением. Панель является теплообменником, по каналам которого прокачивается нагреваемая солнцем вода. Вода направляется в теплоизолированный бак, гидравлически соединенный с солнечным коллектором. Циркуляция воды в замкнутом контуре солнечный коллектор – бак – солнечный коллектор может осуществляться как естественным образом за счет разности гидростатических давлений в столбах холодной и нагретой воды, так и с помощью насоса.

Первичная биомасса является продуктом преобразования энергии солнечного излучения в процессе фотосинтеза. В Украине технически возможно ежегодно использовать до 400 млн. т биомассы (органических отходов от сельскохозяйственного производства – 250 млн. т, от деревообрабатывающей промышленности – 60 млн. т), а также до 80 млн. т твердых бытовых отходов городов и до 10 млн. т осадков коммунальных стоков.

Фотозлектрические установки находят все более широкое практическое применение как источник электроэнергии для малых и средних потребителей, требующих автономного энергоснабжения. В ряде случаев они подключены к электрическим сетям.

К.п.д. фотопреобразователей из поликристаллического, аморфного и монокристаллического кремния уже составляет 20 %. В Германии работают ФЭС мощностью 5 МВт, которые включены в единую государственную систему электрогенерирования.

Геотермальное теплоснабжение является хорошо освоенной технологией. Имеется опыт теплоснабжения малых городов, по-

селков, тепличных комплексов с использованием геотермального тепла. В качестве перспективной для внедрения геотермального теплоснабжения рассматриваются Одесская область, западная часть Закарпатья, северная часть Крымской области. Теплообменники и модульные установки геотермального теплоснабжения тепловой мощностью 6 до 20 МВт выпускаются в России и Украине.

К *микро-ГЭС*, в соответствии с общепринятой международной классификацией, относятся гидроэнергетические агрегаты мощностью до 100 кВт (к малым - от 100 кВт до 10 МВт). Подобные микро-ГЭС обеспечивают работу установок как в автономном режиме, так и в единой электрической сети. Они могут работать в полностью автоматизированном режиме и не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала, обладая повышенным ресурсом работы (до 40 лет и более).

В ближайшее десятилетие человечество вступит в эру *водородной энергетики*, а затем - в эпоху водородной экономики и цивилизации. Уже сейчас в ряде развитых стран действуют государственные программы и освоен выпуск новых экологически чистых автомобилей (США, Германия, Япония). На очереди проекты большой водородной энергетики.

Развитие возобновляемой энергетики и создание новых энерго-технологий нуждается в квалифицированных специалистах.

Подготовка специалистов. Научные направления ВУЗов Украины тесно связаны с программами учебных дисциплин по нетрадиционным источникам энергии и энергетическому менеджменту. Почти 10 лет назад начата подготовка кадров для новой отрасли энергетики, и по состоянию на настоящее время в 14 вузах Украины открыты специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» и «Энергоменеджмент».

Специалисты, осваивающие эти специальности, должны хорошо владеть не только навыками разработки нетрадиционных энергоустановок, эксплуатации и аттестации энергосистем, но и информационными технологиями создания нового бизнеса, управления инвестиционными программами в сфере энергетики и использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, энергосбережения.

В настоящее время энергетика постепенно охватывает все новые сферы научно- практической деятельности человека. Уровень современных энергетических систем требует высококвалифицированных специалистов по нетрадиционной энергетике и энергетическому менеджменту. Созданием и эксплуатацией нетрадиционных энергоустановок в настоящее время занимается ряд организаций и предприятий, которые требуют высококвалифицированных специалистов. Поэтому естественно, что одним из важных направлений работы специалистов по энергоменеджменту является реинжиниринг бизнес – процессов, подъем корпоративных стандартов и нормативного регулирования предпринимательской деятельности в сфере энергетики на новый уровень, совершенствование системы управления экономикой в условиях рынка. Весьма важна роль специалистов по возобновляемой энергетике и энергоменеджеров в системном анализе и управлении энергоснабжением, совершенствовании производственных процессов, управлении субподрядами, измерении производственных показателей, контроле и оценке эффективности энергоснабжения, поиске и анализе информации по энергоэффективности, выполнении проектных заданий, разработке планов развития энергоснабжения потребителей и текущих планов профилактических мероприятий. Этот перечень можно продолжить.

Основными направлениями в подготовке будущих специалистов по нетрадиционной энергетике являются возобновляемые энергоресурсы, солнечные, ветровые и тепловые источники, процессы теплопереноса, аэродинамики, конструкционной и динамической прочности, компьютерное проектирование генерирующих систем, преобразование и аккумулирование энергии. Это требует хорошей фундаментальной и общеинженерной подготовки специалистов, знаний основ высшей математики, физики, начертательной геометрии, теоретической механики, механики материалов и конструкций, теории машин и механизмов и .т.д. К специальным дисциплинам относятся: ресурсо - и энергосбережение, возобновляемые источники энергии и установки, расчет и эксплуатация ветротурбин, ветроустановок, солнечных коллекторов, фотоэлектрических преобразователей, тепловых насосов, газогенераторов.

Будущие специалисты по нетрадиционной энергетике могут работать на энергетических предприятиях, станциях, в конструкторских бюро, научно-исследовательских институтах. Бакалавр по энергетике после окончания должен знать и уметь использовать методы построения и расчета ветровых турбин, ветрогенераторов, тепловых и солнечных установок. Специалист по энергетике должен: знать методы математического и физического моделирования, теорию и расчет информационно – управляемых систем и комплексов, в том числе использования тепловой энергии с низким температурным потенциалом; владеть методами проектирования и технологией производства нетрадиционных и возобновляемых энергоустановок, уметь эксплуатировать и обслуживать их. Магистр должен формулировать и самостоятельно решать актуальные проблемы научных исследований, знать методы моделирования энергетических процессов и их оптимизации с использованием компьютерных технологий, владеть методами математического и физического моделирования нетрадиционных энергоустановок, иметь представление об основах теории и практики педагогики высшей школы. В этом залог успешного решения проблем альтернативной энергетике, актуальность и перспектива указанных специальностей.

7.2. ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Характеры рельефа и особенности атмосферных условий определяют фактический радиационный режим, что необходимо учитывать при выборе и проектировании гелиотехнических установок. Радиационный режим территории Украины, особенно ее южных районов, в целом является благоприятным для практического использования солнечной энергии.

Значительная часть территории Украины характеризуется средней интенсивностью солнечной радиации. В реальных условиях облачности годовой приход суммарной солнечной радиации

находится на уровне 1050–1400 кВт·ч/м² при общем увеличении с Севера на Юг. При этом вклад рассеянной радиации составит 40–50%. Доля прямой солнечной радиации изменяется на протяжении года. В период с ноября по февраль она составляет 20 – 40%, с марта по октябрь – 40–65%, на южном берегу Крыма в летние месяцы – до 65–70%. На суточный ход солнечной радиации влияет прозрачность атмосферы. Как правило, в летнее время в первую половину дня атмосфера более прозрачна. Интенсивность и часовые суммы прямой и рассеянной солнечной радиации в летние месяцы утром больше на 3–4%, чем в соответствующие по высоте Солнца вечерние часы.

Наибольшее число часов солнечного сияния (2300–2400) наблюдается в Крыму и на побережье Черного и Азовского морей. В степной Украине протяженность солнечного сияния за год составляет 2000–2200 часов. В направлении Полесья и на востоке Украины длительность солнечного сияния уменьшается до 1740–1840 часов. В низинах Закарпатской области число часов солнечного сияния достигает 2025 в год. Наиболее солнечные месяцы – май– август, меньше всего солнца в ноябре – феврале.

Для общей оценки ресурсов солнечной энергии всю территорию Украины можно условно разбить на 4 зоны. Первая зона характеризуется годовой суммой солнечной радиации меньше 1100 кВт·ч/м², вторая – 1100–1200 кВт·ч/м², третья – 1200–1300 кВт·ч/м², четвертая – 1300–1400 кВт·ч/м²

Солнечные установки (даже с учетом высоких начальных капиталовложений) достаточно эффективны в благоприятных климатических условиях, к которым относится практически вся территория Украины. Проведенные оценки показывают, что суточное поступление солнечной радиации для Украины составляет около 20 ГДж/м² в год. Величина энергии солнечного излучения меняется в зависимости от времени года и региона Украины. Так, ее удельный поток за год (на 1м² горизонтальной поверхности) колеблется от 3,85 ГДж во Львове, до 4,99 – в Симферополе. Опыт проектирования и эксплуатации солнечных установок горячего водоснабжения в условиях Украины показывает, что их применение позволяет получить (в сравнении с источником традиционного водоснабжения)

экономии условного топлива в пределах от 85 кг у.т./м² во Львове до 132 кг у.т./м² в Симферополе.

Освоение солнечной энергии с целью получения электрической энергии проводится по двум основным направлениям: фотоэлектрическому и термодинамическому.

- Фотоэлектрическое – непосредственное преобразование электромагнитного излучения Солнца оптического диапазона в электрическую энергию постоянного тока с помощью специальных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе кремния, арсенида, галлия и других широко известных проводников.
- Термодинамическое – солнечная энергия концентрируется на котле, пар из которого поступает в турбину с генератором (создание солнечных электрических станций).

Использование солнечной энергии для теплоснабжения, кроме экономии топлива, способствует охране окружающей среды, причем для отдельных регионов результат может быть значительным.

Перспективным является использование так называемых систем пассивного солнечного отопления, то есть систем, в которых не используется специальное оборудование, а сами конструктивные элементы зданий и сооружений являются приемниками и аккумуляторами солнечной энергии. Такие системы позволяют в различных климатических зонах экономить от 20 до 60% топлива расходуемого на отопление.

Это практическое направление солнечной энергетики является наиболее освоенным. В основе лежит использование устройств, преобразующих солнечную радиацию в теплоту. Установки солнечного теплоснабжения используются для горячего водоснабжения, отопления и кондиционирования воздуха в жилых, общественных, санаторно-курортных зданиях, подогрева воды в плавательных бассейнах, а также в различных процессах сельскохозяйственного производства.

Пример солнечной энергетической установки. Рассматривается вариант солнечной водоподъемной и электрогенерирующей установки, реализующей термодинамическую схему с плоскими неподвижными коллекторами, которая работает при температуре горя-

чей воды 60 – 100 °С. Коллекторы могут располагаться на крыше усадьбы дома.

Установка с прямым преобразованием солнечной энергии в электрическую должна отвечать соответствующим экономическим и экологическим критериям. При создании солнечных насосных и электрических установок предусматривается их работа совместно с системами аккумулирования энергии. В частности, так как для бытовых нужд достаточно 5–10 кВт, возможно использование теплового аккумулятора.

На рис. 7.1 показана принципиальная схема небольшой и актуальной солнечной энергетической станции, работающей по циклу Ренкина. Источником тепла является горячая вода, циркулирующая в первом контуре коллектора от насоса 6. В испарителе 8 находится фреон под давлением 0,3–0,4 МПа. Пары фреона расширяются и поступают на турбину 1, которая вращает электрогенератор 2, вырабатывая электроэнергию. После турбины пары фреона конденсируются в конденсаторе 3 при охлаждении поднятой воды. Затем с помощью насоса 5 конденсат вновь подается к испарителю 8. При этом жидкостный контур герметично замкнут.

Солнечный водоподъемник может работать по такому же принципу, если вместо турбогенератора установить поршневой двигатель, который был бы непосредственно связан с размещенным в скважине насосом. Для аккумулирования энергии предусматривается отводить часть теплового потока от источника тепла к резервуару с горячей водой. Возможные режимы работы: водоснабжение приусадебного дома, полив пастбищ, создание насосных станций для орошения земельных участков и т. п.

Уровень солнечного излучения для различных регионов Украины составляет от 3,8 ГДж/м² – на западе до 4,99 ГДж/м² – на юге в год, что позволяет эффективно использовать солнечные установки для подогрева воды. Подобные системы горячего водоснабжения – «экологически выгодная» альтернатива традиционным. Они надежны и удобны в обслуживании, а главное – позволяют беречь традиционные энергоресурсы.

Основа солнечной установки – солнечные коллекторы (поз. 7 на рис. 7.1). Одна из перспективных конструкций – вакуумный труб-

чатый солнечный коллектор. Он имеет вид панели, на которой размещены трубки Девара. Это двустенные стеклянные трубки (одна в другой), в пространстве между которыми – вакуум. Внутренняя стеклянная трубка имеет селективную оболочку-поглотитель, в которой аккумулируется тепловая энергия. Теплоноситель – незамерзающая жидкость на основе гликоля (выдерживает до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Им заполнен первый контур солнечной установки, соединяющий солнечный коллектор с водяным теплообменником в случае, когда температура воды в емкости становится ниже температуры теплоносителя. Такой тип коллектора позволяет обеспечить потребность индивидуального дома в теплой воде, что составляет в среднем 150 л воды с температурой $45 - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в сутки.

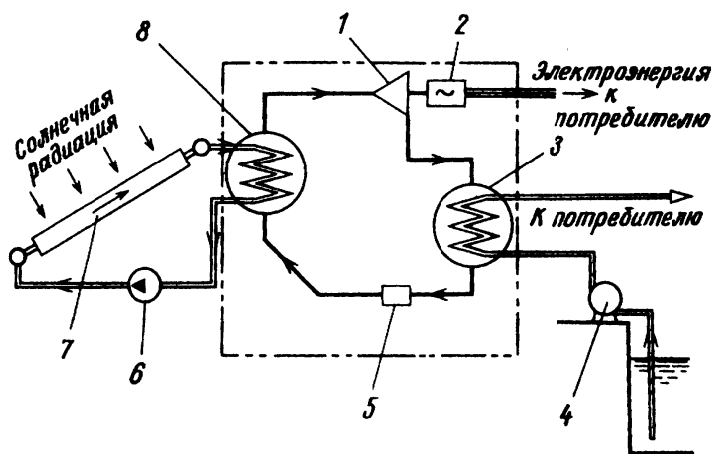


Рис. 7.1. Принципиальная схема солнечной насосной и электрической установки:

1 – турбина; 2 – генератор переменного тока; 3 – конденсатор;
4 – водоподъемный насос; 5 – питательный насос; 6 – циркуляционный насос.

Солнечные коллекторы могут устанавливаться на крыше дома, на стене, а также на поверхности земли, желательно, в южном направлении с углом наклона 45° .

Оценивая в целом состояние солнечной энергетики, его можно характеризовать как начальную стадию развития этого направления. По мере совершенствования технологических решений и повышения экономичности солнечных энергоустановок масштабы использования солнечной энергии будут увеличиваться.

7.3. ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Ветроэнергетика является производной влияния активности Солнца на земную атмосферу. На современном этапе это одна из наиболее перспективных отраслей нетрадиционной энергетики. По имеющимся прогнозам уже в начале XXI века ветровая энергетика будет удовлетворять от 1÷2% до 10÷15% электроэнергетических потребностей в разных странах Европейского Союза. Общая мощность ветроэнергетических установок к 2005 г. составляет 8,0 млн. кВт. Наиболее эффективными считаются ВЭУ мощностью 100÷200 кВт. Есть положительный опыт работы ветроустановок мощностью 300÷1500 кВт с ветроколесами диаметром 40÷60 м.

В Европе ведущее место принадлежит Дании, где построено 3600 ВЭУ, вырабатывающих уже сейчас 3% от общего объема электроэнергии страны. Активная работа по использованию энергии ветра проводится в Великобритании, где имеются благоприятные экологические и метеорологические условия. Потенциал ВЭУ, сооружаемых на побережье, на изолированных островах и плавучих платформах, составляет здесь $220 \cdot 10^6$ кВт.ч в год (20% электроснабжения Великобритании).

Срок окупаемости ВЭУ средней мощности при скорости ветра 8 м/с составляет 5 ÷ 7 лет, а срок службы – 15 ÷ 20 лет.

Качественный сдвиг в развитии данного направления возобновляемой электроэнергетики в Украине наметился после Чернобыльской катастрофы и получил дополнительный импульс в последние десять лет. К настоящему времени разработана целая серия ветроустановок различной мощности (0,5; 1,5; 2; 4; 10; 25; 80; 100

кВт) и разного назначения. Созданы ветроустановки с горизонтальной осью вращения мощностью 200, 250, 500 и вертикальной осью вращения – 1250 кВт, изготовлено 40 ВЭУ мощностью 200 кВт, предназначенных для работы на линии электропередач.

Не совсем удачной оказалась реализация (совместно с американской фирмой «Windpower») крупного проекта создания ветростанции установленной мощностью 500 МВт на базе ВЭУ USW – 56–100 (мощность отдельной установки 107,5 кВт, количество 5000 шт.). Ветроэлектростанции такого типа, часть которых была размещена в Крыму (уже установлены и работают на сеть 32 такие установки) оказались не приспособленными к метеорологическим особенностям (ветровому режиму) данной местности.

Все ветроэлектрические установки могут работать в комплексе с другими энергоустановками, которые используют возобновляемые источники энергии.

Кроме отмеченных выше научно-технических и производственных факторов, определяющих перспективы развития ветроэнергетики, весьма важным является уровень мощности ветрового потока, определяющий целесообразность использования ВЭР в том или ином регионе.

Украина располагает мощными ресурсами ветровой энергетики. Известно, что энергию ветра можно использовать при $v > 3$ м/с, а максимальная эффективность достигается в районах, где $v > 5$ м/с. К таким районам относятся Азово – Приднечерноморская зона, Донецкая, Луганская, Запорожская область, район Карпат. Здесь наблюдается максимум возможного использования энергии ветра: время работы ветродвигателя приближается к 600 ч/месяц. Минимальная энергия ветра приходится на среднее течение Днепра и северо-западную часть Украины (январь – 500 часов). Простые расчеты показали, что в приморской зоне Украины, в Донбассе и Южной части степей ВЭУ будут работать 180÷200 полных рабочих дней при скорости ветра $v = 5$ м/с. Соответственно, запасы ветровой энергии составят 2÷2,5 тыс. кВт – год/м². Анализ данных по ветровой эффективности Украины свидетельствует о больших потенциальных возможностях и необходимости развития ветроэнергетики для электро- и теплоснабжения, в первую очередь, автономных сель-

скохозяйственных потребителей. ВЭР мощностью до 10 кВт достаточно для обеспечения энергией подсобного хозяйства. Серия установок общей мощностью 150–200 кВт обеспечит 50% потребности в электроэнергии поселка с населением 1000 человек, позволит сэкономить до 300 тыс. кВт в год. Установка мощностью 50 ÷ 60 кВт решит остальные проблемы его энергоснабжения (теплом, водой и т.д.), при этом экономится еще до 200 тыс. кВт/год электроэнергии.

Пример ветроагрегатов и установок для тепло- и электроснабжения. Энергию ветра для теплоснабжения наиболее перспективно использовать автономным потребителям, особенно в сельской местности. В небольшом индивидуальном фермерском хозяйстве рентабельно применять автономные маломощные (до 10 кВт) ветроэнергетические агрегаты. Подобное хозяйство потребляет за год 3000 кВт·ч электроэнергии. Если используется электроотопление, расходы возрастают до 20 000 кВт·ч. При среднегодовой мощности 10 кВт за 2000 часов ветроагрегат вырабатывает электроэнергию, достаточной для обеспечения всех потребностей данного хозяйства.

Ветроагрегаты могут работать в комплексе с гелиоустановками и аккумуляторами тепла. Возможно их применение и для прямого производства тепла на основе использования гидродинамических теплогенераторных (ТГ) установок. В этом случае применение механического привода от ветроустановки позволяет упростить технологию производства тепла и организовать движение теплоносителя в системе теплоснабжения. Гидродинамические теплогенераторы могут работать непосредственно от электроэнергии вырабатываемой ветроустановкой.

Для получения электроэнергии предлагается ветротурбина мощностью 10 кВт, генерирующая около 1900 кВт·ч электроэнергии в месяц (средний дом потребляет от 700 до 1200 кВт·ч в месяц). Генерируется постоянный ток при скорости ветра от 7 до 10 м/с, которая передается по проводам на инвертор, где преобразуется в переменный ток со стандартным напряжением и частотой (220 В, 50 Гц). Ток поступает в домашнюю сеть и используется для питания потребителей (телевизора, холодильника, стиральной машины и других бытовых приборов). Излишек электроэнергии может быть возвращен в местную электрическую сеть.

Суммарная площадь, на которой целесообразно получение электроэнергии от ветроустановки, составляет около 20% всей площади Украины, а возможный годовой энергетический потенциал эффективного использования ВЭР – $300 \div 600$ млрд. кВт.ч электроэнергии. Для сравнения, всеми электростанциями Украины в 1992 г. произведено 282,6 млрд. кВт.ч электроэнергии. В перспективе объем электроэнергии, производимой ВЭР Украины, может составить $15 \div 20\%$ от общего количества, производимого традиционными электростанциями. Следовательно, использование ветроустановок для производства электроэнергии является наиболее эффективным и привлекательным способом утилизации ветровой энергии. Тем самым она будет способствовать уменьшению отрицательного влияния традиционной энергетики на экологию отдельных регионов, в том числе, таких напряженных, как Донбасс, курортных зон Крыма и, в целом, Черноморского и Азовского побережья.

Автономные ветро-гелиоводородные установки [76]. При всей привлекательности солнечной (гелио-) и ветроэнергетики нельзя не отметить существенный недостаток, связанный с неравномерностью поступления энергии, что обуславливает необходимость поиска рациональных технологий, обеспечивающих выработку энергии в периоды их отсутствия, а, следовательно, создание системы, обеспечивающей аккумуляцию и последующую генерацию энергии. Указанные проблемы могут быть решены с помощью автономной ветро-гелиоводородной установки (АВГУ), которая состоит из следующих элементов, взаимоувязанных по своим функциональным параметрам: ветрогенератора (ВЭУ), фотопреобразователя, электролизера для получения водорода и кислорода, системы хранения сжатых газов и топливного элемента.

Проблема нерегулярного поступления энергии решена следующим способом. Полученная от ВЭУ или солнечного преобразователя электрическая энергия поступает в электролизер, обеспечивающий потребление некондиционной электроэнергии. Это позволяет избежать потребления электроэнергии от сети и открывает широкие перспективы создания автономных энергокомплексов малой и средней мощности для индивидуальных потребителей.

АВГУ с водородным накопителем энергии предназначена для преобразования гелиоинсоляции и энергии ветра при скорости > 3 м/с в электрическую энергию переменного тока напряжением 220/380 В частотой 50 Гц и мощностью 200–600 кВт, а также для производства экологически чистого энергоносителя – водорода в качестве коммерческого продукта. В предлагаемой конструкции электролизера используется новый способ разделения процессов выделения газов (водорода и кислорода) во времени, т. е. процесс работы электролитической системы становится циклическим, состоящим из чередующихся периодов выделения водорода и кислорода.

Разделение во времени процессов газовой выделения возможно благодаря накоплению одного из продуктов электролиза воды в электрохимически активном соединении, находящемся в электрохимической ячейке в твердой фазе. Особенностью предлагаемой технологии является то, что используется электрохимическая система регенерации, позволяющая периодически восстанавливать высокую активность губчатых электродов. Вся система работает под высоким (15 МПа) давлением и снабжена специальной системой управления, обеспечивающей надежную и безопасную работу.

По техническому уровню, простоте монтажа и обслуживания, надежности и безопасности подобная установка превосходит традиционные ветроэнергоустановки аналогичной мощности, предлагаемые мировым рынком. Преимущество использования водородного накопителя состоит в том, что он может аккумулировать водород при высоком давлении, а при отсутствии ветра и солнечной инсоляции, вырабатывать электрическую энергию, работая в качестве топливного элемента. Полученный водород можно использовать:

- для обогрева теплиц посредством каталитического сжигания;
- для обеспечения рабочим телом водород-кислородных горелок для пайки, сварки, резки и термообработки металлоизделий;
- для обогрева жилых помещений с помощью каталитических нагревателей;
- в качестве моторного топлива;
- в качестве газа-наполнителя метеорологических шаров-зондов;
- в качестве топлива в электрохимических генераторах.

Эксплуатация комбинированных энергетических АВГУ даже в условиях северо-восточных областей Украины обеспечивает экономию почти трети органического топлива, необходимого для энергоснабжения индивидуальных фермерских хозяйств. Системы аккумуляирования повышают коэффициент полезного использования ветровых и солнечных энергоустановок на 30 – 50 %.

Таким образом, минимум треть энергии, которая не могла быть использована, переходит в приемлемое для потребителя качество. Благодаря этому в комбинированных энергосистемах можно применить энергоустановки на основе возобновляемой энергии меньшей мощности, чем при единичном их использовании. Соответственно, капиталовложения, которые для установок нетрадиционной энергетики в настоящее время достаточно велики, существенно сокращаются.

7.4. МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

В начале 20-х годов в Украине насчитывалось 84 гидроэлектростанции общей мощностью 4000 кВт, в конце 1929 года – уже 150 станций общей мощностью 8400 кВт. В 1934 году введена в эксплуатацию Корсунь – Шевченковская ГЭС (1650 кВт), которая по своим техническим характеристикам была одной из лучших станций того времени.

В этот и послевоенный период электрификация сельского хозяйства основывалась на увеличении мощности и улучшении технико-экономических показателей малых ГЭС, количество которых к началу 50-х годов составило 956 единиц общей мощностью 30 тыс. кВт. С развитием электрификации и централизованного энергоснабжения страны на базе тепло- и гидростанций строительство малых ГЭС было приостановлено.

Опыт зарубежных стран, а также резко изменившаяся экономическая, энергетическая и экологическая ситуация в стране (высокая стоимость и дефицит ТЭР, наметившаяся тенденция к децентрали-

зации энергоснабжения, переход на рыночные отношения) заставили вновь повернуться лицом к малой гидроэнергетике. Проведенное обследование технического состояния оборудования и сооружений малой ГЭС показал, что на территории Украины сохранилось 150 малых ГЭС, из которых действующих – 49 единиц.

Все малые ГЭС, также как и гидроресурсы в целом, распределены по территории Украины неравномерно: большинство – в центральном и западном регионах. Суммарная мощность составляет 119,2 тыс. кВт (248,9 млн. кВт·ч), из которых 75% размещено на действующих ГЭС.

Общие потенциальные ресурсы 202 основных рек Украины оцениваются в 4880 МВт, а потенциальные ресурсы приток больших рек, средних и малых речек – около 2600 МВт. На них уже создано более 20 тыс. малых и больших водохранилищ. Около 260 водохранилищ имеют емкость $10 \div 100$ млн. м³, на которых возможно сооружение малых ГЭС с напорами $5 \div 10$ м (единичной мощностью $0,5 \div 2,0$ МВт).

Малая энергетика Украины в связи с ее незначительным удельным весом (до 0,2%) в общем энергобалансе не может существенно влиять на условия энергообеспечения страны, однако позволяет производить около 250 млн. кВт·ч электроэнергии. Это эквивалентно ежегодной экономии до 75 тыс. т дефицитного органического топлива. Мини- и микро ТЭС могут стать массовыми, равномерно распределенными по территории Украины. Развитие малой гидроэнергетики следует рассматривать как одно из направлений политики энергосбережения и улучшения экологической обстановки в Украине.

Пример использования гидроэнергетических ресурсов. Для автономного и централизованного теплоснабжения возможно использование мини – и микро-ГЭС мощностью 5–100 кВт. Их количество с каждым годом растет, поскольку в настоящее время активно восстанавливаются ГЭС, остановленные в 60–70-е годы прошлого века.

Использование гидроэнергии от мини – и микро-ГЭС для теплоснабжения осуществляется с помощью электроТЭНов, электрокалориферов, электрокотлов и др. Также можно использовать гидродинамические нагреватели с прямым механическим приводом от гидротурбины или с приводом от электрогенератора ГЭС.

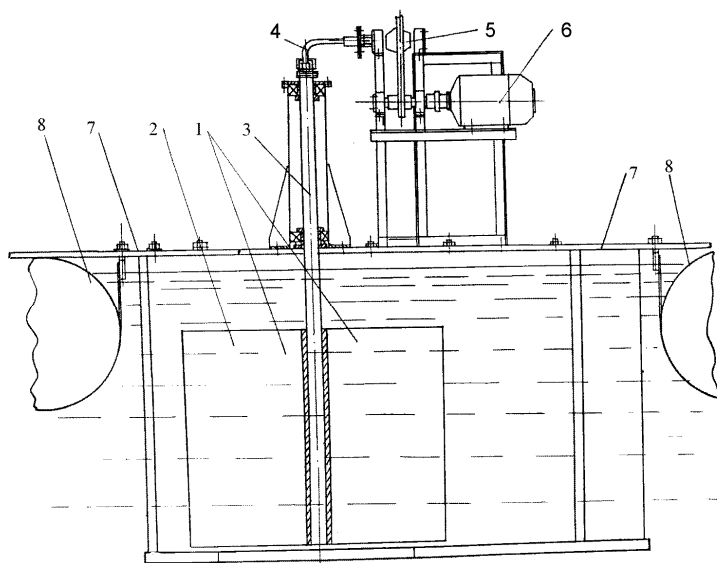


Рис. 7.2 – Гидроэлектростанция:

1, 2 – лопасти; 3 – вал; 4 – гибкая передача; 5 – редуктор;
6 – электрогенератор; 7 – платформа; 8 – понтон

Современные гидроэнергетические установки разной мощности для мини- и микроГЭС производит известное харьковское предприятие “Турбоатом”. Так, изготавливаются микро-ГЭС мощностью 5 кВт в полной заводской готовности для индивидуальных, в частности, сельских, потребителей. Они пригодны для обогрева помещений объемом 120 м³ с использованием электроотопления.

Энергия текучей среды малых рек с успехом может быть преобразована при помощи микроГЭС для многочисленных индивидуальных потребителей. Например, при скорости течения реки 2 ... 3,5 м/с и размерах гидротурбины всего 2,5×2,5 м мощность установки составит 5...10 кВт. Этого вполне достаточно для обеспечения бытового хозяйства (полива, откорма животных, обогрева дома, теплицы и т. п.). В качестве аналога может служить микроГЭС мощностью 5 кВт, разработанная Харьковским аэрокосмическим университетом «ХАИ» (рис. 7.2) [67–69, 76].

Вода при течении со скоростью 1,5...2,5 м/с воздействует на лопасти 1 и 2 гидротурбины, заставляя их вращаться. Момент вращения гидротурбины барабанного типа передается на вал 3, затем через гибкую передачу 4 и редуктор 5 – на электрогенератор 6, который вырабатывает электроэнергию для передачи на берег. Вся установка гидроэлектрогенератора расположена на платформе 7 и понтоне 8.

Если принять диаметр гидротурбины и высоту равными 2 м, то ее мощность при скорости течения $V = 2,5$ м/с составит 5 кВт.

Данную гидротурбину можно использовать и для водоподдачи из реки в усадельный дом. В этом случае момент вращения от турбины передается на вал поршневого насоса, и вода на берег подается по трубам.

7.5. БИОЭНЕРГЕТИКА

Получение энергии из биомассы (древесины, древесных отходов, соломы, навоза, сельскохозяйственных отходов, органической части твердых бытовых отходов) является динамично развивающейся отраслью во многих странах мира. Этому способствуют следующие свойства биомассы (БМ) как топлива: большой потенциал и возобновляемый характер, надежность систем энергоснабжения на ее основе, возможность значительного снижения выбросов CO_2 в атмосферу, значительный вклад в решение экологических проблем за счет использования различных отходов, весомый вклад в решение социальных проблем и экономическое развитие регионов.

В настоящее время БМ покрывает в среднем 15% общего потребления первичных энергоресурсов в мире: в развивающихся странах – 48%, в промышленно развитых странах – в среднем 2-3% (США – 3,2%; Дания – 6%; Австрия – 12%; Швеция – 18%; Финляндия – 23%) табл.7.6.

Как видим, ресурсы биомассы являются эффективным возобновляемым источником энергии и в различных видах имеются практически во всех регионах. В каждом из них может быть нала-

жена ее переработка в энергию и топливо. На современном уровне за счет биомассы можно перекрыть 6 – 10% от общего количества энергетических потребностей промышленно развитых стран. Биомасса, главным образом в форме древесного топлива, является основным источником энергии приблизительно для 2 млрд. человек. Для большинства жителей сельских районов «третьего мира» она представляет собой единственно доступный источник энергии. Биомасса как источник энергии играет важнейшую роль и в развитых странах. В целом биомасса дает седьмую часть мирового объема топлива, а по количеству полученной энергии занимает наряду с природным газом третье место. Из биомассы получают в 4 раза больше энергии, чем дает ядерная энергетика.

Таблица 7.6– Уровень развития биоэнергетики в различных странах (конец XX ст.)

Показатели	США	Дания	Австрия	Швеция	Фин- ляндия
Доли БМ в общем потреблении энергоресурсов	3,2	6,0	12,0	18,0	23,0
Доля различных видов БМ в общей выработке энергии из БМ%:					
Древесина	85	37,0	74,2	83,0	73
Солока	-	24,7	-	-	-
Жидкие топлива	5,5 ^{*)}	-	-	-	-
Торф	-	-	-	4,8	25,2
Твердые бытовые отходы	9,5	40,5	18,9	5,2	1,8
Биогаз	5,5 ^{*)}	0,33	-	-	-

^{*)} Приведенная цифра – суммарная по биогазу и жидким топливом.

Стратегия развития биоэнергетики существенно отличается в различных странах ЕС. Так, Австрия и Италия концентрируют свои усилия на строительстве тепловых станций мощностью 0,5÷10,0

МВт, использующих в качестве топлива отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности. В Финляндии, Дании и Швеции около 70% полученной из БМ энергии преобразуются в тепловую и электрическую энергию на крупных теплофикационных ТЭЦ, остальная часть – на больших тепловых станциях. В большинстве случаев это ТЭЦ мощностью 10÷80 МВт, использующие в качестве первичных энергетических ресурсов БМ и традиционные топлива. В США почти все станции, работающие на БМ, вырабатывают электроэнергию. Сводные данные о энергетическом использовании БМ в различных странах представлены в табл.7.6.

Наиболее близкой по потенциалу и концепции развития биоэнергетики представляется Дания, поскольку обе страны имеют достаточно малую территорию, покрытую лесом (около 14%), и высокоразвитый сельскохозяйственный сектор. В Дании эксплуатируется 50 тепловых электрических станций и 5 крупных ТЭЦ использующих древесину (в том или ином виде) как топливо; эксплуатируется 8000 фермерских установок (0,1÷1,0 МВт), 62 ТЭС (1÷10 МВт) и 9 ТЭЦ, сжигающих солому; действуют 18 централизованных биогазовых установок, вырабатывающих ежегодно 40÷45 млн.м³ (0,02 млн.т.н.э) биогаза. В целом, за счет применение биогаза покрывается 6% потребности страны в энергоресурсах. Дания наглядно демонстрирует Украине, какие результаты могут быть достигнуты в данном перспективном направлении.

Действительно, в Украине только на крупных свиноводческих и птицеводческих предприятиях ежегодно образуется более 3 млн. т органических отходов по сухому веществу, переработка которых позволит получить около 1 млн. т у.т. в виде биогаза, что эквивалентно 8 млрд. кВт.ч. электроэнергии. Кроме того, имеется около 2 млн. негазифицированных семейных подворий. Опыт стран, не обеспеченных природным газом, например, КНР, показывает, что отдаленные сельские местности целесообразно газифицировать с помощью малых биоустановок, работающих на органических отходах семейных подворий. Так, внедрение 2 млн. подобных установок в Украине позволило бы получить около 2 млрд. м³ биогаза в год, что эквивалентно 13 млрд. кВт.ч энергии и обеспечило бы семейные усадьбы органическим удобрением в количестве 10 млн. тонн в год.

Полученный практический опыт показал, что производство биогаза является для Украины наиболее перспективным направлением использования энергии биомассы. Главные потенциальные источники, кроме отмеченных выше: городские коммунальные очистные сооружения, органические отходы некоторых промышленных отраслей, полигоны твердых бытовых отходов городов (свалки).

Предварительные оценки потенциальных запасов биогаза (табл.7.7) в Украине свидетельствуют, что при максимальном использовании органических отходов и внедрении современной техники получения биогаза его часть в общем использовании горючих газов может составить около 10%.

Потенциал анаэробной ферментации Украины позволяет покрыть 30% потребности в энергии животноводческих комплексов. При этом кроме биогаза будут получены высококачественные удобрения.

Если в целом энергетические ресурсы нетрадиционных энергетических источников Украины составляют 78,2 млн.т.у.т./год, то из них на долю биоэнергетики приходится 21,2 млн.т.у.т./год (27% потенциала ВИЭ).

Согласно «Протоколу о совместных усилиях по снижению эмиссии парниковых газов в атмосферу» (г.Кито, Япония, 1997 г.) промышленно развитые страны должны к 2010 г. снизить эмиссию парниковых газов в среднем на 5,2% по сравнению с 1990 г. (страны ЕС – на 8%, США – на 7%, Япония – на 6%). Использование БМ как топлива вносит существенный вклад в решении этого вопроса, так как БМ является CO_2 – нейтральной. При ее сжигании выделяется такое же количество CO_2 , которое было поглощено в процессе ее роста. Если, при сжигании угля выбросы парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O) в пересчете на CO_2 – эквивалент составляют около 200 т/ТДж полезной энергии, то при сжигании древесной щепы – всего 10 т/ТДж/кг.

Представленные в табл. 7.7 данные свидетельствуют, что рациональное использование биомассы может обеспечить не менее 10 % потребления энергоносителей. Однако подобное развитие биоэнергетики возможно лишь при условии обеспечения:

- Технической базы (обеспечения разработки, изготовления и эксплуатации новых, более совершенных биоустановок).

- Экономической базы (предоставление беспроцентных ссуд, стимулов, выраженных в виде льготного налогообложения, выделения дотаций на строительство биоустановок, или потребления энергии, выработанной с помощью ВИЭ).
- Правовой базы (разработки соответствующей законодательной базы и четкой государственной политики в области нетрадиционных источников энергии).

7.6. ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Начало промышленному освоению геотермальных ресурсов (энергии горячих глубинных вод и пара) было положено в 1916 году, когда в Италии была введена в эксплуатацию первая геотермальная электростанция мощностью 7,5 МВт.

За прошедшее время накоплен значительный опыт в области практического освоения геотермальных энергоресурсов. Общая установленная мощность действующих геотермальных электростанций (ГеоТЭС) составила: 1975 г. – 1278 МВт, в 1990 г. - 7300 МВт. Наибольший прогресс достигнут в США, на Филиппинах, в Мексике, Италии, Японии.

Технико-экономические параметры ГеоТЭС изменяются в очень широких пределах и зависят от геологических характеристик месторождения (глубины залегания, параметров рабочего тела, его состава и т.д.). Для большинства введенных в эксплуатацию ГеоТЭС себестоимость электроэнергии приближается к себестоимости электроэнергии, получаемой на угольных ТЭС и составляет $1200 \div 2000$ дол. США/кВт.

Украина располагает значительными ресурсами геотермальной энергии, потенциальные запасы которой оцениваются величиной 10^{22} Дж. Это эквивалентно запасам топлива $3,4 \cdot 10^{11}$ т.т. Потенциальная мощность ГеоТЭС с учетом извлекаемости запасов и *кнд* преобразования энергии составляет 230 ГВт.

Приоритетными районами первоочередного строительства являются: Керченский полуостров, Предкарпатье (Львовская область),

отдельные месторождения в Харьковской, Полтавской и Донецкой областях. Значительными ресурсами геотермальной энергии располагает Крым, где наблюдаются наибольшие геотермические градиенты, а температура горных пород в отдельных районах на глубине 3,5÷4 км достигает 160 ÷ 180°C.

В центральной части Украины только на глубине 1400 м встречаются воды с температурой выше 20°C. Однако в связи с малым дебитом практического значения они не имеют. Частично термальные воды Украины используются для систем геотермального теплоснабжения различных объектов агропромышленного комплекса. Особый интерес в этом плане представляют термальные воды Крыма. По предварительным оценкам только использование потенциала Сивашского водохранилища с температурой 65°C позволит сэкономить 1 млн. т.у.т. Наличие в Закарпатье зон с температурой воды 200°C и пластовым давлением 45 МПа на глубине 4 тыс. м инициировали исследования по использованию тепла сухих горных пород и строительство Закарпатской ГеоТЭС.

Суммарная мощность ГеоТЭС, предполагаемых к строительству, составляет: с вводом в эксплуатацию в 2000 г. – 60 МВт, в 2005 г. – 270÷280 МВт, а в 2010 г. – 620÷650 МВт. Экономия органического топлива за счет эксплуатации ГеоТЭС составит: в 2000 г. – 150 тыс. т.у.т., в 2005 г. – 460 тыс. т.у.т., в 2010 г. – 1 млн. т.у.т.

Из представленных данных видно, что вовлечение геотермальных источников в систему энергоснабжения способствует улучшению топливно-энергетического баланса, а также снижению негативного влияния традиционной энергетики на экологическую обстановку, в том числе, наиболее напряженных регионов Украины.

7.7. ВТОРИЧНЫЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ РЕСУРСЫ (ВЭР)

ВЭР – энергетический потенциал продукции, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который теряется в самом агрегате, но может

быть частично или полностью использован для энергоснабжения. Рациональное их использование является одним из крупнейших резервов экономии топлива, способствующих снижению топливно-и энергоемкости промышленной продукции. Достаточно сказать, что в рамках бывшего Союза потенциальные запасы ВЭР оценивались более чем в 1000 млн. ГДж.

ВЭР могут быть востребованы непосредственно без изменения вида энергоносителя (для удовлетворения потребности в теплоте и топливе) или с изменением вида энергоносителя путем выработки теплоты, электроэнергии, холода или механической работы в утилизационных установках.

Многие отрасли народного хозяйства располагают значительным резервом топливных и тепловых ВЭР, занимающих значительное место в их топливно-энергетическом балансе. Наибольшими тепловыми ВЭР располагают предприятия черной и цветной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, промышленности строительных материалов, газовой промышленности, тяжелого машиностроения.

Именно в этих отраслях широко используется теплота высокого, среднего и низкого потенциалов. Из почти 90% теплоты высокого потенциала (> 623 К): около 33% идет на плавку, 40% - на нагрев и около 20% - на обжиг руд и минерального сырья. Большая часть теплоты высокого потенциала обеспечивается за счет сжигания различных видов топлива непосредственно в технологических установках.

Теплота среднего (373 – 622 К) и низкого (323 – 423 К) потенциала применяется для теплоснабжения потребителей, требующих повышенных значений температуры и давления. Свыше 90% его полезного потребления расходуется в промышленности (~ 45%) и в жилищно-коммунальном секторе (~ 48,5%). Основными энергоносителями, обеспечивающими энергией средне- и низкотемпературные процессы, являются пар и горячая вода.

Предприятия тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения Украины располагает огромным потенциалом ВЭР в виде физической теплоты уходящих газов мартеновских, нагревательных и термических печей, вагранок, теплоты испарительного

охлаждения печей, теплоты отработанного рабочего тела прессов и молотов.

Имеют вторичные возобновляемые энергоресурсы на предприятиях других отраслей народного хозяйства. Поэтому одной из важнейших задач совершенствования любой отрасли является выявление резервов ВЭР, экономически и экологически обоснованное их использование для целей производства и удовлетворения нужд бытового потребления.

Наряду с повышением эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, утилизация ВЭР позволяет снизить воздействие энергоснабжения и энергопотребления на окружающую среду. В частности, уменьшается выброс тепловых отходов (тепловое загрязнение), а также содержание вредных выбросов в продуктах сгорания.

РАЗДЕЛ 8.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

8.1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Под традиционной энергетикой будем понимать энергогенерирующие мощности, которые являются в настоящее время и останутся, как минимум, на ближайшие 20-50 лет, основой существования и развития цивилизации. Остановимся на той части проблемы, которая связана с энергогенерирующими установками: электростанциями (ТЭС, ГЭС, и АЭС), отопительными и отопительно-производственными котельными – главными источниками энергоснабжения.

Воздействие на окружающую среду разных типов энергоустановок различно. Это наглядно видно на рис.8.1 и из табл.8.1., где показана обобщенная схема основных видов воздействия энергетики на окружающую природную среду и ее компоненты.

По данным влияния энергетических объектов на биосферу можно выделить несколько групп наиболее важных взаимодействий энергоустановок с компонентами среды обитания. Основные из них следующие:

- *Водопотребление и водоиспользование*, обуславливающее изменение естественного материального баланса водной среды (перенос солей, питательных веществ и др.)

Таблица 8.1 – Продолжение

Объект			
ТЭС	АЭС	ГЭС	Подстанции
Гидросфера			
4. Расход воды	2. Расход воды	2. Изменение качественного и количественного состава стоков рек	2. Образование зон повышенного напряжения магнитного поля у поверхности воды
5. Выбросы сточных вод	3. Слив радиоактивных отходов	3. Гидро-геологические изменения водоемов	
6. Тепловое загрязнение	4. Тепловое загрязнение		
Литосфера			
7. Изъятие территорий	5. Изменение ландшафта	4. Изъятие территорий	3. Изъятие территорий
8. Загрязнение отходами	6. Изъятие территорий	5. Изменение ландшафта	4. Вырубка лесов
9. Изменение ландшафта	7. Захоронение радиоактивных отходов	6. Изменение сегментичности	5. Образование блуждающих токов
		7. Вырубка лесов	6. Изменение ландшафта

- *Осаждение* на поверхности твердых выбросов продуктов сгорания органических топлив из атмосферы, вызывающее изменение свойств воды, ее цветности, альбедо и пр.
- *Выпадение* на поверхность в виде твердых частиц и жидких растворов продуктов выбросов в атмосферу, в том числе: кислот и кислотных остатков; металлов и их соединений, канцерогенных веществ.
- *Выбросы* непосредственно на поверхность суши и воды продуктов сжигания твердых топлив (зола, шлаки), а также продуктов продувок, очистки поверхностей нагрева (сажа, зола и пр.).

- *Выбросы* на поверхность воды и суши жидких и твердых топлив при транспортировке, переработке, перегрузке.
- *Выбросы* твердых и жидких радиоактивных отходов, характеризующиеся условиями их распространения в гидро- и литосфере.
- *Выбросы* теплоты, следствиями которых могут быть: постоянное локальное повышение температуры в водоеме; временное повышение температуры; изменение условий ледостава, зимнего гидрологического режима; изменение условий паводков; изменение распределений осадков, испарений, туманов.
- *Создание водохранилищ* в долинах рек или с использованием естественного рельефа поверхности, а также создание искусственных прудов-охладителей, что вызывает: изменение качественного и количественного состава речных стоков, изменение гидрологии водного бассейна; увеличение давления на дно, проникновение влаги в разломы коры и изменение сейсмичности; изменение условий рыболовства, развитие планктона и водной растительности; изменение микроклимата; изменение условий отдыха, спортивных занятий, бальнеологических и других факторов водной среды.
- *Изменение ландшафта* при сооружении разнородных энергетических объектов, потреблении ресурсов литосферы, в том числе: вырубка лесов; изъятие из сельскохозяйственного оборота пахотных земель, лугов; взаимодействие берегов с водохранилищами.
- *Воздействие выбросов, выносов* и изменение характера взаимодействия водных бассейнов с сушей на структуру и свойства континентальных шельфов.

Примесные загрязнения могут суммарно воздействовать на естественный круговорот и материальные балансы тех или иных веществ между гидро-, лито- и атмосферой. Общей для всех источников энергии как традиционной, так и нетрадиционной, является проблема тепловых выбросов.

Все указанные взаимодействия связаны между собой, и каждое из них не может рассматриваться изолированно. Кроме того, механизм взаимодействия в каждой из групп основан на разнородных физических и физико-химических процессах и явлениях.

Разнообразие данных факторов, их взаимосвязь, как с воздушной средой, так и с поверхностью и недрами планеты (табл.8.2), обуславливают необходимость многостороннего анализа, учитывающего данные географии, метеорологии, климатологии и других научных дисциплин.

Представленные в табл.8.2. данные позволяют, во-первых, качественно оценить влияние соответствующих факторов, о которых было сказано выше. Во-вторых, из них следует, что при рассмотрении антропогенных и естественных процессов в окружающей среде проявляется взаимосвязь всех видов балансов (лучистой энергии, примесей, твердых частиц, теплоты). А это требует обобщенного системного подхода к рассматриваемой проблеме влияния энергетики на экологию, основанного на детальном анализе всех составляющих данного процесса.

Таблица 8.2 – Изменения элементов климата в районах развитой промышленности в сравнении с естественными.

Элемент климата	Изменение
Наличие в воздухе частиц, являющихся ядрами конденсации	в 10 раз больше
Наличие в воздухе газовых примесей	В 5-25 раз больше
Количество облаков	На 5-10% больше
Туманы	
Зимой	На 100% больше
Летом	На 30% больше
Осадки	
Всего	На 5-10% больше
Число дней с осадками менее 5 мм	На 10% больше
Снегопады	На 5% больше
Относительная влажность:	
Зимой	На 2% меньше
Летом	На 8% меньше
Солнечное излучение	На 15-20% меньше
Суммарное ультрафиолетовое поступление зимой	На 30% меньше
Летом	На 3% меньше
Продолжительность	На 5-10% меньше

Таблица 8.2 – Продолжение

Элемент климата	Изменение
Температура: Среднегодовая Зимний максимум	На 0,5-1°C выше На 1-2°C выше
Скорость ветра Среднегодовая Экстремальные порывы Штили	На 20-30% меньше На 10-20% выше На 5-20% выше

8. 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЭС С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Из всех типов электростанций наибольшее отрицательное воздействие на окружающую среду оказывают ТЭС. Это связано, главным образом, с экологическими аспектами сжигания органического топлива.

Учитывая комплексный характер рассматриваемой проблемы, воспользуемся методологией системного анализа взаимодействия энергетики и окружающей среды. В этом случае может быть построена характерная схема, увязывающая все взаимодействия современных ТЭС с окружающей средой с учетом данных об элементарных процессах, происходящих при сжигании топлива и при преобразовании тепловой энергии в механическую работу, а затем в электрическую энергию

Такая типовая схема приведена на рис.8.2. Стрелками показаны направления основных характеристик взаимодействий энергетического оборудования ТЭС с атмо-, гидро- и литосферой. Ископаемое топливо извлекается из недр и после обогащения и переработки подается в топку парогенератора ПГ. Для обеспечения сжигания топлива из атмосферы в топку подается воздух. Образующиеся продукты сгорания передают основную часть теплоты рабочему телу энергетической установки, часть теплоты рассеивается в окружающую среду, а часть уносится с продуктами сгорания в дымовую трубу и далее в атмосферу.

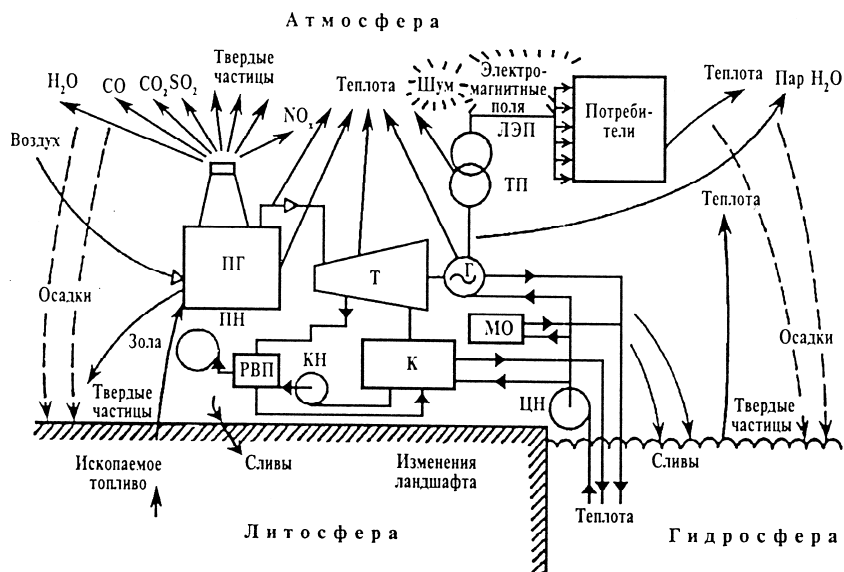


Рис. 8.2 – Взаимодействие ТЭС с окружающей средой.

В зависимости от исходного состава топлива продукты сгорания, выбрасываемые в атмосферу, содержат окислы азота (NO_x), окислы углерода (CO_x), окислы серы (SO_x), углеводороды, пары воды и другие вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии, которые являются основными загрязнителями окружающей среды (табл.8.3, 8.4).

Загрязнение атмосферы мелкими твердыми частицами золы связано, главным образом, с использованием в качестве топлива угля, который предварительно измельчается в специальных мельницах. Однако, при правильной организации процесса сжигания и применением современных фильтров с к. п. д. 95-99%, их количество может быть сведено до требуемого минимума.

При сжигании жидкого топлива (мазута) с выбросами в атмосферу поступают: окислы серы и азота, газообразные и твердые продукты неполного сгорания топлива, соединения ванадия.

При сжигании природного газа в атмосферу также попадают окислы азота, но образуется их существенно меньше, чем при сжига-

Таблица 8.3 - Основные загрязнители атмосферного воздуха

Загрязнитель Мт/год	Источник		Средне- довая кон- центрация в воздухе, мг/м ³	Влияние	
	Природ- ный	Антропо- генный		На человека	На окружающую среду
Частицы	3760	240	0,04÷0,4	Зависит от химического состава	Ухудшение видимости, повышение облачности, понижение температу- ры, разрушение материалов
Сернистый ангидрид, SO ₂	150	150	0,05÷0,1	Дыхательные пути	Кислотные дожди, коррозия метал- лов, уничтожение растений и лесов, снижение урожайности
Оксид азота, NO _x	770 (лесные пожары)	55	0,05÷0,2	Гемоглобин крови	Кислотные дожди, парниковый эф- фект, разрушение озонового слоя, смог, понижение урожайности, уничтожение лесов
Оксид угле- рода, CO	32	350	1÷50	Гемоглобин крови	Переход CO-CO ₂ в нижних слоях (при концентрациях, меньше 1 мг/ м ³ , влияние отсутствует)
Углеводы, СхНу	2600	80	3	?	Разрушение озонового слоя
ПАУ	-	100 %	до 0,01	Канцерогенное влияние	Понижение прозрачности атмосфе- ры (смог)

нии мазута. Это объясняется не только свойствами самого топлива, но и особенностями процессов сжигания. Очевидно, что природный газ сегодня — наиболее чистый вид энергетического топлива.

Таблица 8.4. Усредненные показатели загрязнения атмосферы ТЭС

Загрязнитель, г/кВт·ч	Виды топлива			
	Каменный уголь	Бурый уголь	Мазут	Природ- ный газ
Двуокись серы	6,0	7,7	7,4	0,002
Твердые частицы	1,4	2,7	0,7	-
Окислы азота	21,0	3,45	2,45	1,9
Фтористые соеди- нения	0,05	0,11	0,004	-

Одним из факторов воздействия угольных ТЭС на окружающую среду являются выбросы системы складирования, транспортировки, пылеприготовления и золоудаления (пылевое загрязнение, выделение продуктов окисления топлива). По-разному воздействуют на окружающую среду системы удаления твердых компонент продуктов сгорания — шлаков и золы, удаляемых из топки и образующих золошлакоотвалы на поверхности литосферы.

В паропроводах от парогенератора к трубоагрегату T , как и в корпусах и ресиверах трубогенератора, происходит передача теплоты окружающему воздуху. В конденсаторе K , а также в системе регенеративного подогрева питательной воды, включающей регенеративные водоподогреватели $PВП$, конденсатные $КН$ и питательные насосы $ПН$, теплота конденсации и переохлаждения конденсата воспринимается охлаждающей водой, подаваемой циркуляционными насосами $ЦН$. Преобразование механической работы в электрическую энергию в электрогенераторе $Г$ также сопровождается потерями, которые в конечном счете преобразуются в теплоту, передаваемую атмосферному воздуху. Работа вращающихся механизмов, смесительных аппаратов, трансформаторов связана с распространением в окружающей среде акустических воздействий, а работа трансформаторных подстанций $ТП$, линий электропередач $ЛЭП$, как и всех электрических машин, связана

с воздействием электромагнитных полей и тепловыделениями в окружающую среду.

Особую группу вод, используемых ТЭС, составляют охлаждающие воды, забираемые из водоемов на охлаждение поверхностных теплообменных аппаратов — конденсаторов паровых турбин, водо-, масло-, газо- и воздухоохладителей. Эти воды могут вносить в водоем большое количество тепла. Так, из конденсаторов турбин отводится приблизительно до двух третей всего количества тепла, получаемого при сгорании топлива. Это намного превосходит сумму тепла, отводимого от других охлаждаемых теплообменников. Поэтому с охлаждением конденсаторов связывают обычно, так называемые, «тепловые загрязнения» водоемов сбросными водами ТЭС и АЭС.

О количестве тепла, отводимого с охлаждающей водой отдельных электростанций, можно судить по установленным энергетическим мощностям. Средний расход охлаждающей воды и количество отводимого тепла, приходящиеся на 1000 МВт мощности, составляют для ТЭС соответственно 30 м³/с и 4500 Гдж/ч, а для АЭС с турбинами насыщенного пара среднего давления — 50 м³/с и 7300 Гдж/ч.

Кроме конденсаторов турбоагрегатов, потребителями охлаждающей воды являются маслоохладители МО, системы слива на поверхность почвы или в гидросферу. Остальные потребители технической воды (системы золо- и шлакоудаления, химводоочистки, охлаждения и промывки оборудования) потребляют около 7% общего расхода воды. В то же время именно эти потребители воды являются основными источниками примесного загрязнения. При промывке поверхностей нагрева котлоагрегатов серийных блоков ТЭС мощностью 300 МВт образуется до 10 000 м³ разбавленных растворов соляной кислоты, едкого натра, аммиака, солей аммония, железа и других веществ.

Как один из компонентов, загрязняющих окружающую среду, рассматривается шумовое воздействие. Энергетическое оборудование, как правило, является источником значительного шума. Однако, основные источники шума — такие, как паровые котлы, турбины, генераторы, редукиционно-охладительные устройства, — расположены внутри помещения ТЭС. Поэтому, они, как правило, не оказывают значительного влияния на прилегающую к ТЭС территорию.

От оборудования, расположенного вне главного корпуса, шум может распространяться за пределы территории станции. Это обстоятельство, характерное для всех типов электростанций, наибольшее значение имеет для ТЭЦ, которые расположены обычно в городском массиве. Их влияние на районы жилой застройки может оказаться существенным.

Источником постоянного шума, оказывающим существенное воздействие на окружающий район, являются тягодутьевые машины, газораспределительные пункты, трансформаторы, градирни, места забора воздуха из атмосферы или на выходе из дымовой трубы. Сильными временными источниками шума являются сбросы продувки пара в атмосферу.

8. 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЭС С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Особенностью атомной энергетики является небольшой расход ядерного топлива, обеспечивающий выделение огромного количества энергии (тепла). Для АЭС мощностью 1 млн. кВт требуется в сутки всего 3 кг U^{235} вместо 7100 т.т., как для ТЭС такой мощности.

Главное различие между ТЭС и АЭС заключается в том, что в схеме последнего вместо котла, работающего на органическом топливе, имеется атомный реактор, а также специфичный парогенератор особой конструкции. Остальное оборудование, а следовательно, и воздействие этой части АЭС на окружающую среду, не отличается от оборудования ТЭС: паровая турбина, электрический генератор, конденсатор, водяной насос и пр.

Развитие ядерной энергетики Украины базируется на АЭС с реакторами, охлаждаемыми водой под давлением (водо-водяные энергетические реакторы ВВЭР), а также с канальными реакторами, охлаждаемыми кипящей водой (реакторы большей мощности канальные — РБМК). Реакторы типа ВВЭР получили в мировой энергетике наиболее широкое применение (около 60%).

Конструкция реакторов за последние 25 лет практически не претерпела существенных изменений. Эксплуатируемые в Украине АЭС оборудованы блоками мощностью 440 МВт с ВВЭР и 1000 МВт с ВВЭР и РБМК. Именно реактор ВВЭР стал причиной Чернобыльской катастрофы. Причина аварии — необычайное совпадение самых неблагоприятных факторов и грубые ошибки эксплуатационного персонала. Разработаны и осуществляются мероприятия по повышению безопасности водо-водяных реакторов. Концепция безопасности реакторов ВВЭР второго поколения практически исключает возможности серьезного повреждения активной зоны из-за плавления ядерного топлива или недопустимой скорости выделения энергии. Таким образом, проблема взаимодействия АЭС с окружающей средой, возникшая вместе с атомной энергетикой, занимала и занимает важное место в ТЭК.

На рис.8.3. представлена обобщенная модель взаимодействия АЭС с окружающей средой. Выделение энергии в процессе регулируемой цепной реакции деления атомов урана, тория и плутония происходит в ядерном реакторе (Р).

Преобразование кинетической энергии осколков и продуктов деления происходит в активной зоне реактора, в которой почти вся энергия ядерной реакции передается теплоносителю. Прямой выход радиоактивных отходов (р. о.) ядерных реакций в окружающую среду предотвращается многоступенчатой системой радиационной защиты, действующей как в условиях нормальной эксплуатации, так и при аварийных ситуациях. При нормальной эксплуатации АЭС радиоактивность контура ядерного реактора обусловлена активизацией продуктов коррозии и проникновением продуктов деления в теплоноситель. Наведенной активности подвергаются практически все вещества, взаимодействующие с радиоактивными излучениями.

В схемах АЭС предусматриваются необходимые устройства для сбора активных веществ и удаления их в виде жидких, газообразных или твердых отходов. Жидкие отходы содержат радиоактивные изотопы стронция, цезия, водорода и других элементов. Суммарное расчетное значение радиоактивности жидких отходов блока АЭС с реактором ВВЭР мощностью 1000 МВт составляет около 10^{12} с^{-1} (30

Ки/год по продуктам деления и коррозии). Радиоактивность жидких и газообразных выбросов у разных АЭС отличается на несколько порядков, но в подавляющем большинстве случаев суммарные выбросы значительно ниже предельно допустимых уровней (ПДУ).

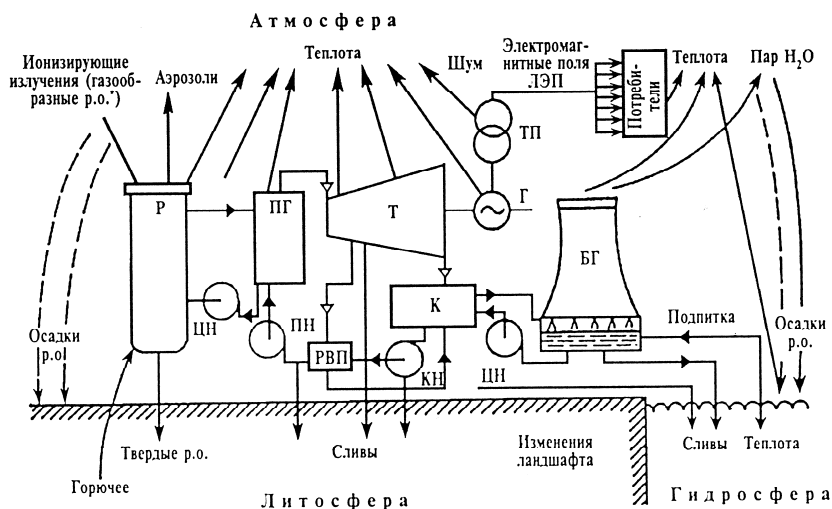


Рис. 8.3 – Схема взаимодействия АЭС с окружающей средой (р.о. – радиоактивные отходы)

Систематические наблюдения за воздействием АЭС на водную среду при нормальной эксплуатации не обнаружили существенных изменений естественного радиоактивного фона. При установленных допустимых уровнях воздействия ядерной энергетики на гидросферу и существующих методах контроля выбросов действующие типы ядерных энергетических установок не представляют собой угрозы нарушения локальных и глобальных равновесных процессов в гидросфере и ее взаимодействия с другими составляющими географической оболочки Земли.

В соответствии с «Правилами ядерной безопасности АЭС» МАГАТЭ, проекты всех систем и компонент АЭС, влияющих на ядерную безопасность, должны содержать подробный анализ всех возможных отказов составных элементов с выделением опасных отка-

зов и оценку их последствий. С учетом распространения выбросов при авариях на АЭС устанавливаются санитарно-защитные зоны.

Все другие виды воздействий АЭС на гидро- и литосферу, не связанные с радиоактивностью (влияние системы водоснабжения, подводящих и отводящих каналов, фильтров), качественно не отличаются от аналогичных воздействий ТЭС. Основное тепловыделение АЭС в окружающую среду, как и на ТЭС, происходит в конденсаторах паротурбинных установок. Однако удельные тепловыделения в охлаждающую воду у АЭС значительно больше, чем у ТЭС, вследствие большего удельного расхода пара. Это определяет существенные удельные расходы охлаждающей воды. В связи с чем на большинстве новых АЭС предусматривается установка градирен, в которых теплота отводится непосредственно в атмосферу. Затем охлаждающая вода поступает в предохладитель. Это водоем обособленного пользования предназначен для обеспечения замкнутой системы водоснабжения АЭС.

Потребление воздуха на АЭС определяется потребностями разбавления загрязняющих выбросов и обеспечения нормальных условий жизнедеятельности персонала. Расход воздуха на АЭС с тепловыми реакторами оценивается различными авторами в пределах $(15\text{--}20) \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 МВт установленной мощности.

Наиболее сложной экологической проблемой при эксплуатации АЭС является захоронение крупнотонажных радиоактивных отходов, образующихся при демонтаже элементов оборудования, обладающих радиоактивностью по окончании срока службы или по другим причинам, а также отработанного ядерного топлива. Предусматривается несколько вариантов захоронения: помещение всех загрязненных радиоактивностью элементов в шахтные выработки; захоронение только наиболее загрязненных наведенной радиоактивностью элементов с повторным использованием остальных по назначению; периодическая дезактивизация оборудования на месте с захоронением концентрированных отходов и смывов.

Дальнейшее развитие атомной энергетики Украины связано с созданием на территории страны постоянного хранилища крупнотонажных радиоактивных отходов.

Главным бедствием являются водохранилища, большую часть которых составляют мелководья. Площади мелководий особенно велики при зарегулировании равнинных рек, когда плотины ГЭС сооружаются в равнинной местности, например, ГЭС Днепровского каскада. Вода мелководий интенсивно прогревается солнцем, что создает благоприятные условия для развития синезеленых водорослей и других эвтрофикационных процессов. При создании водохранилищ загрязняется территория, равная площади его зеркала. Для аккумуляции 1 км^3 воды в водохранилищах, сооружаемых на равнинных реках, площадь затопления составляет порядка $300 \div 320 \text{ км}^2$, на горных реках – порядка $80 \div 120 \text{ км}^2$. Поэтому развитие гидроэнергетики предпочтительней вести в горной местности. В результате фильтрации воды в водохранилища вокруг него формируется обширная зона подтопления. Волновые явления вызывают переработку берегов и их обрушение, что увеличивает площади мелководья. Мелководья и подтопление способствуют заболачиванию территорий, прилегающих к водохранилищу.

К важнейшим характеристикам водохранилища относятся: размер зеркала водохранилищ, наличие в них мелководий, влияние на местный климат, насколько ценные земли под них отводятся, состояние почв и растительности, а также влияние на рыбное хозяйство и водный (речной) транспорт.

Наиболее существенные факторы влияния на локальные условия следующие: изменение ландшафта, уровня грунтовых вод, перестроение берегов, а также изменение других природных условий (почвы, растительности и животного мира) как в районах водохранилища, так и нижнего бассейна ГЭС.

Изменение гидрогеологического режима рек при сооружении ГЭС характеризуется: изменением перераспределения стока; изменением уровневого режима и его зависимости от ветров; изменением режимов течений, волнового, термического и ледового режимов. Скорости течения могут уменьшаться в десятки раз, а в отдельных зонах водохранилища возникают полностью застойные зоны. В мелководных частях наблюдаются резкие колебания температуры воды в зависимости от изменения температуры воздуха. Отсюда, неравномерность температур по поверхности водохранилища.

Изменяется тепловой режим в нижнем бьефе водохранилища: осенью поступает более теплая вода, нагретая в водохранилище за лето, а весной холоднее на 2–4°C в результате охлаждения в зимние месяцы. Эти отклонения от естественных условий распространяются на сотни километров от плотины ГЭС.

Наблюдаются существенные изменения гидрохимического и гидробиологического режимов водных масс. В верхнем бьефе массы воды насыщаются органическими веществами, поступающими с речным стоком и вымываемыми из затопленных почв. В нижнем, напротив, обедняются, так как минеральные вещества из-за малых скоростей течения осаждаются на дно. Как в верхнем, так и в нижнем бьефе изменяется газовый состав и газообмен воды.

Под давлением огромных масс воды, накопленных в водохранилищах, нередко происходят просадки земной поверхности, сопоставимые с землетрясениями силой до 2÷3 баллов. В результате изменения русловых режимов в водохранилищах оседают наносы. Зарегулирование речного стока отражается на состоянии морской среды. Губительные для Азовского моря оказались зарегулирование стока рек Дона и Кубани. Сооружение Цимлянского (на Дону) и Краснодарского (на Кубани) водохранилищ уменьшило поступление речного стока в Азовском море примерно на 30%, что привело к понижению уровня моря на 70 см. Черноморская вода с соленостью 14–17‰ хлынула в акваторию Азовского моря, соленость которого составляла 7–11‰. Постепенное уменьшение солености Азовского моря привело к тому, что в течение 15–20 лет его рыбные запасы оказались перед угрозой полного исчезновения.

Учитывая многообразие воздействий водохранилищ на окружающую среду, уже сейчас приходят к выводу о сооружении в дальнейшем преимущественно средних и малых водохранилищ. Объективный ответ на вопрос о влиянии ГЭС на окружающую среду зависит, главным образом, от характеристики будущего водохранилища с учетом всех отмеченных выше факторов. Целесообразность строительства каждой конкретной ГЭС должна рассматриваться индивидуально.

8.5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Расширение использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии во многом определяется проблемами развития энергетики, свободной от загрязнения окружающей среды и не связанной с образованием парниковых газов. Это одна из первоочередных задач, стоящих перед наукой и техникой.

При оценке перспектив развития нетрадиционной энергетики, как правило, подчеркивается экологическая чистота ВИЭ, что действительно справедливо, но только для определенных их видов. В целом же нетрадиционные и возобновляемые источники энергии оказывают определенное воздействие на окружающую среду. Однако они более приемлемы с точки зрения влияния на экологию, чем источники традиционной энергетики (ТЭС, АЭС, ГЭС, ОПК, дизельные установки и др.).

Переход на ВИЭ связан с освоением новых технологий применения энергии солнца, ветра, биомассы, гидроэнергии и геотермального тепла земли. Особая роль в энергетической структуре ВИЭ на длительную перспективу отводится гидроэнергетике, которая в настоящее время является основным видом возобновляемых источников энергии. Экологические аспекты применения малых ГЭС лишь в отдельных моментах совпадают с проблемами традиционной гидроэнергетики и не идут с ними ни в какое сравнение.

Общие негативные аспекты применения ВИЭ связаны с проблемами землепользования, шума, изменения ландшафта, применения новых материалов, производство которых в отдельных случаях может оказать отрицательное воздействие на окружающую среду (например, получение кремния для солнечной энергетики) и т.д. Необходимо учитывать, что характер взаимодействия этих установок с окружающей средой принципиально иной при отрицательных воздействиях, характерных для каждого вида ВИЭ. Поэтому анализ возможных последствий должен проводиться еще на этапе их разработки и проектирования. Это позволит избежать ошибок, допущенных при освоении традиционных энергоустановок, когда

сначала были созданы технологические принципы, и лишь затем, в процессе эксплуатации, начались поиски путей подавления отрицательных экологических воздействий.

Наиболее характерными при использовании ВИЭ с точки зрения воздействия на окружающую среду, являются следующие аспекты.

Солнечная энергия. Низкотемпературные солнечные системы тепло- и водоснабжения являются наиболее распространенными в данный период как в индустриально развитых, так и развивающихся странах. В экологическом аспекте для низкотемпературных систем при их эксплуатации характерны последствия цикла добычи исходных материалов и их переработки; снижение отрицательных воздействий на окружающую среду выбросов продуктов сгорания замещенных традиционных котельных; снижение теплового загрязнения.

Средне- и высокотемпературные солнечные установки пока еще находятся на стадии интенсивной разработки. В мире создано несколько станций (СЭС) с использованием рассредоточенных параболических систем концентраторов (общей мощностью ~400 МВт). Опыт их эксплуатации показал, что основным экологическим фактором для СЭС по термодинамическому циклу преобразования энергии является блокировка оборудованием значительных земельных территорий. Так, средняя потенциальная возможность СЭС данного цикла оценивается в 30 , 40 МВт с км².

Потенциальные возможности получения предельной мощности фотопреобразователей – 45 , 60 МВт с 1 км² (при их $\eta_{\text{пнд}} \sim 15\%$) и 60, 100 МВт с 1 км² (при $\eta_{\text{пнд}}$ фотопреобразователей – до 25%). В расчете на 1 МВт получаемой мощности, СЭС на фотопреобразователях вдвое экономичнее используют территории, чем СЭС, выполненные по термодинамическому циклу с центральными приемниками.

Ветроэнергетика. К настоящему времени в мире накоплен огромный опыт практической эксплуатации самых разнообразных источников энергии ветра. Достаточно отметить, что к 2000 г. в эксплуатации находится свыше 20×10^3 ветроагрегатов, большинство из них в США (Калифорния). Существенными установленными мощностями располагают страны Западной Европы: Дания – более 100 МВт, Нидерланды – 140 МВт, Германия – 100 МВт, Великобритания – приближаются к 500 МВт, Швеция – 10 МВт и т.д.

Опыт эксплуатации показал, что в настоящее время экономически предпочтительнее ВЭС в диапазоне мощностей от 100 до 350 кВт. Большинство Европейских стран поддерживает создание ВЭС с учетом экологических требований к энергоустановкам, а также проблем надежности и безопасности энергообеспечения.

Основные экологические факторы воздействия ветроэнергетики следующие: блокировка земельных территорий; шумовые эффекты; высокая металлоемкость ветроустановок, связанная с требованиями предварительного цикла добычи и переработки металлов.

Строительство ВЭС ведет к изменению ландшафта, выводу из сельскохозяйственного оборота полезных земельных площадей. Достаточно сказать, что стоимость 1 га земли, в зависимости от региона, может составлять сотни и тысячи долларов.

Максимальная мощность, которая может быть получена с 1 км² площади, колеблется в широких пределах в зависимости от района использования, типа станции и технологических особенностей конструкции (среднее значение ~ 10 МВт/км²). Шумовой эффект в непосредственной близости от ВЭС может достигать 50 , 80 дБ. При этом пороговая выносимость человеческого уха, принятая на основе болевых ощущений, равна 180 дБ. Отдельную экологическую проблему составляют шумовые воздействия установок значительной мощности (более 250 кВт), когда на концах лопаток ветроколес большого диаметра, скорости потока воздуха – сверхзвуковые. При этом возникает инфразвуковой эффект, отрицательно действующий на человека и другие биологические субъекты. Работа ВЭС может оказывать влияние и на системы радиосвязи.

Обсуждается потенциальная возможность гибели птиц, которые разбиваются о ВЭУ на пунктах их миграции. Хотя природа и масштабы данной проблемы нуждаются в дополнительном исследовании.

Существенную роль играет показатель затрат металла на единицу мощности, определяющий объемы цикла сырьевой подготовки для производства. В зависимости от уровня мощности этот показатель для ВЭС ориентировочно меняется в диапазоне 50 , 70 кг/кВт. В настоящее время имеется тенденция замены элементов металлических конструкций (в первую очередь, лопастей ветроколес) на

стеклопластиковые. Следовательно, необходим экологический анализ последствий химических производств, связанных с созданием данных конструкционных материалов.

По оценкам Всемирного конгресса Международного общества по солнечной энергии в Денвере (США), если принимать во внимание экологические факторы, то СЭС и ВЭС уже сегодня более экономичны, чем ТЭС и АЭС.

Геотермальная энергия. Использование энергии высокопотенциальных геотермальных источников издавна привлекало человечество. К настоящему времени сложилось следующее распределение установленных мощностей ГеоТЭС в индустриально развитых странах мира: 70% – в США; 28% – в Италии, Япония и Новая Зеландия; оставшиеся 2% – Франция, Греция, Исландия, Португалия и бывший СССР.

Экологическое воздействие ГеоТЭС и геотермальных технологических установок на окружающую среду сводится: к воздействию минерализованных геотермальных вод и пара; к опусканию земной поверхности (иногда значительному по размерам), находящейся над разрабатываемым геотермальным пластом; к повышенному (в сравнении с ТЭС равной мощности) тепловому воздействию ГеоТЭС на окружающую среду.

В составе выводимых на поверхность вод находятся: нитриды, хлориды и сульфиды некоторых металлов; опасные химические элементы (бор, мышьяк); сероводород (безвредный – в небольших количествах, токсичный – с ростом концентрации). При отсутствии обратной закачки в пласт возникает опасность засоления почв в районе использования и падения пластового давления. Изменение давления в пласте в процессе длительной эксплуатации скважин влияет на уровень грунтовых вод в этом районе и может оказать отрицательное воздействие на работу артезианских скважин и водоснабжение.

Энергия биомассы. Особое значение источники энергии данного типа имеют для развивающихся стран. В энергобалансе стран Африки они составляют в среднем до 60%; Латинской Америки – до 30%; азиатских стран – до 40%; некоторых стран Европы, Ближнего Востока и Северной Африки – до 10% общего энергопотребления. Однако

и индустриально развитые страны стимулируют развитие данного направления нетрадиционной энергетики: только США, Дания и Швеция довели производство энергии биомассы до 400 МВт.

При этом значительное развитие получила переработка биомассы, основанная на процессах газификации, пиролиза и получения жидких топлив. Например, в Бразилии, начиная с 1980 года, производство этанола достигло 10 млн. л в год. В ряде стран этанол покрывает от 3 до 15% потребления всего бытового топлива (Кения, Мали, Зимбабве).

В результате процесса ферментизации при переработке биомассы в этанол образуются побочные продукты, в том числе промывочные воды и остатки перегонки. Последние являются серьезным источником экологического загрязнения окружающей среды. Их масса в несколько раз (до 10) превышает массу производимого продукта, т. е. этилового спирта. Представляют интерес технологии, которые позволяют в процессе очистки этих отходов получать минеральные вещества, используемые в химической промышленности, а также в качестве минеральных удобрений.

Особое место принадлежит «биодизелю» – топливу, на основе жиров растительного, животного и микробного происхождения, а также продуктов их этерификации. Сырье – рапсовое, соевое, пальмовое, кокосовое или любое другое масло – сырец, а также отходы пищевых производств.

Вся деятельность по различным направлениям (за исключением «биодизеля») утилизации органических отходов имеет, прежде всего, острую экологическую направленность. В значительной степени она ориентирована на переработку отходов. Ликвидация последних и связанное с этим улучшение экологических и санитарно-эпидемиологических условий среды обитания играют даже большую роль, чем энергетический эффект на основе использования этого вида сырьевых ресурсов. Указанное особенно важно для регионов с влажным теплым климатом и крупных городов. Именно здесь технология ликвидации отходов, позволяющая одновременно использовать их энергетический потенциал, играет особую роль.

Мини- и микроГЭС. Как отмечается в обзоре Мирового Энергетического Совета, на основе этих установок возможно экономиче-

ски рентабельное производство электроэнергии на уровне 6,5% существующего потенциала гидроресурсов. Наибольшую важность для миниГЭС имеет совершенствование гидротурбин, работающих на малых напорах.

Данные установки минимально воздействуют на окружающую среду, так как не требуют строительства плотин, водохранилищ, береговых сооружений. За последние годы достигнуты серьезные успехи в этом направлении, особенно в Китае и Индии.

Выпускаемые в Харькове (Украина) и Сызране (Россия) микро-ГЭС соответствуют современным научно-техническим и экологическим требованиям. Они востребованы как в Украине, России, так и за рубежом (Китай, Индия, Южная Америка).

Экологические воздействия ВИЭ не идут ни в какое сравнение с последствиями отрицательного влияния на окружающую среду традиционных источников энергии.

Оценка экологических воздействий ВИЭ должна проводиться с системных позиций. Необходимо учитывать весь комплекс разнородных факторов, характерных для различных видов ВИЭ: блокировку территорий; воздействие на экологический процесс занимаемых и прилегающих территорий; влияние на флору и фауну; высвобождение химических и других материалов; возможности использования этих веществ или продуктов их переработки в качестве сырья последующих производств; ограничение масштабов пахотных земель и сельхозпродуктами для пропитания населения.

РАЗДЕЛ 9. ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

9.1. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В УКРАИНЕ

В Украине сложилась достаточно напряженная экологическая обстановка. С одной стороны, она связана с общим многолетним накоплением большого количества загрязняющих веществ, особенно, опасных твердых отходов промышленного производства. С другой стороны, несмотря на сложившуюся в последние годы тенденцию сокращения общей техногенной нагрузки на окружающую среду, суммарно в атмосферу, водные и земельные ресурсы в последние годы выбрасываются не менее 60,0 млн. т твердых веществ (табл.9.1–9.3). Практически на всей территории Украины в атмосфере фиксируются 10-кратные и более высокие превышения ПДК отдельных веществ. Техногенная нагрузка на территории Украины в 6–7 раз выше, чем в среднем в развитых странах Европы.

По оценкам Международного института менеджмента окружающей среды (Швейцария), если к 1989 г. размеры ежегодных потерь Украины от ухудшения среды обитания составляли 15–20 % валового национального дохода, то к 1995 г., в связи с снижением последнего, превысили 35 % и стали самыми крупными в мире. Только на минимизацию последствий аварии на Чернобыльской АЭС, Украина ежегодно расходует около 1 млрд. дол. США.

Даже без учета последствий Чернобыльской катастрофы удельное загрязнение на единицу территории Украины самое большое в

Европе. Зоны «экологического бедствия» занимают более 15 % всей территории Украины: это Чернобыльская зона, Донбасс, Кривбасс, Приднепровье, Приднестровье, Северный Крым, побережья Черного и Азовского морей.

Таблица 9.1 – Поступление вредных выбросов в окружающую среду.

	1985	1990	1995	1996	1997
Поступление загрязняющих веществ, тыс. т:					
в атмосферу	18777	15549	7484	6342	5966
в поверхностные водоемы*	8956	9706	12282	11895	9541
в земельные ресурсы**	100784	75677	970273
Поступление загрязняющих веществ, в расчете на душу населения, кг:					
в атмосферу	371	302	147	126	118
в поверхностные водоемы	176	187	239	234	188
в земельные ресурсы	1963	1487	19139

* – Загрязнение поверхностных водоемов вредными веществами даны по сухому остатку.

** – В 1997 г к 4 классу безопасности отнесены отходы горнодобывающей промышленности Южного горно-обогатительного комбината г. Кривого Рога.

Таблица 9.2 – Основные показатели защиты атмосферного воздуха.

	1985	1990	1995	1996	1997
Количество стационарных источников выбросов вредных веществ, тыс. единиц	349,4	287,9	339,0	355,0	366,5
Количество выбросов вредных веществ от стационарных источников загрязнения, тыс. т	46867,9	40203,7	25196,5	21063,6	19839,1
Уловлено (7483,5обезврежено) вредных веществ, тыс. т	34705,0	30764,6	19509,5	16299,8	15306,0
В процентах от количества вредных веществ, поступающих от стационарных источников загрязнения	74	77	77	77	77

Таблица 9.2 – Продолжение

	1985	1990	1995	1996	1997
Утилизировано вредных веществ, тыс. т	15099,9	16081,9	5317,6	4177,2	3548,5
Вредные выбросы в атмосферу, в том числе	18776,9	15549,4	7483,5	6342,3	5966,2
Стационарными источниками	12163,0	9439,1	5687,0	4763,8	4533,2
Передвижными средствами	6613,9	6110,3	1796,5	1578,5	1433,0

На территории Украины можно выделить три экологические зоны (Донецко-Приднепровскую, Южную и Юго-Западную), существенно отличающиеся по антропогенным нагрузкам на воздушный бассейн. Максимальное количество выбросов на единицу площади (~ 35 т / км² в год) характерно для Донецко-Приднепровской (в Донецкой области – 110 т / км² в год). Южная и Юго-Западная зоны – соответственно, 7,1 и 7,8 т / км² в год. Количество выбросов в атмосферу для Киева и Севастополя составляют, соответственно 139,9 и 11,3 т / км² в год.

К началу нового XXI века стационарными источниками и транспортными средствами Украины в атмосферу выбрасывалось около 6 млн. т вредных загрязняющих веществ, из которых около 75 % (4,5 млн. т) попадало в воздушный бассейн от стационарных источников загрязнения. Наибольшее влияние на атмосферный воздух в больших городах имели промышленность и коммунально-бытовое хозяйство (табл.9.3). В 17 городах страны выбросы вредных веществ увеличились.

Из общей массы выбросов в атмосферный воздух, составляющей около 20 млн. т веществ в год, на долю предприятий энергетики Украины приходится до 53 %. Усредненный химический состав следующий: сернистый ангидрид – 19 % (30 %), окись углерода – 42 % (37 %), окислы азота – 8 % (10 %), углеводородные соединения – 7 % (8 %), легкие органические соединения – 4 % (4 %), другие – 20 % (11 %). В скобках указан процентный состав выбросов только от стационарных источников.

Отсутствие необходимого оборудования и эффективных технологий очистки отрицательно влияют на решение проблем улав-

Таблица 9.3 – Выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения по отраслям в 1997 г. (тыс. т)

	Количество выбросов от стационарных источников загрязнения	Выброшено вредных веществ в атмосферу		Количество уловленных и обезвреженных веществ	
		Всего	В том числе без очищения	Всего	В том числе утилизированных
Украина	19839,1	4533,2	3760,9	15306,0	3548,5
Электроэнергетика	10366,6	1385,33	872,0	8981,3	620,7
Угольная промышленность	1326,7	983,7	950,0	343,1	236,3
Металлургическая промышленность	5657,5	1400,7	1238,9	4256,7	1369,5
Химическая и нефтехимическая промышленность	554,3	123,2	103,1	431,2	226,2
Машиностроение	94,1	39,6	33,7	54,5	6,4
Нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая и газовая промышленность	222,3	195,5	194,9	26,9	24,4
Жилищно-коммунальное хозяйство	80,3	57,1	51,0	23,2	9,2
Сельское хозяйство и продуктовая промышленность	306,4	131,0	125,3	175,4	135,8
Транспорт	81,1	45,6	43,2	35,5	20,6
Промышленность строительных материалов	910,0	66,0	49,0	844,0	803,2
Городская промышленность	2,6	2,1	1,9	0,5	0,2
Другие	237,2	103,4	97,9	133,7	95,6

ливания и утилизации вредных веществ. Так, в 1997 г. на очистные сооружения от стационарных источников поступило 16,1 млн. т. вредных веществ, из которых уловлено 15,3 млн. т. Если в 1990 г. было утилизировано более половины всех вредных веществ, то в 1997 г. лишь 23 % (3,5 млн. т).

В структуре уловленных ингредиентов основную часть составляют твердые вещества (94 % или 14,3 млн. т). Лишь 20 % от общего количества образовавшихся газообразных веществ было уловлено очистными сооружениями, тогда как твердых – 95 %.

Отсутствие достаточного обеспечения предприятий соответствующим оборудованием привело к тому, что часть выбросов поступала непосредственно в атмосферу. Если в целом по Украине без очистки было выброшено 3,8 млн. т. (19 % от общего количества), то в отдельных регионах этот показатель существенно выше: Автономная Республика Крым – 33 %, Херсонская область – 76 %, Закарпатская – 65 %, Волынская – 55 %, Одесская – 51 %, Тернопольская – 43 %, Житомирская – 41 %, Луганская и Полтавская – 33 %.

Чрезмерные выбросы промышленных предприятий и транспортных средств нанесли существенный вред атмосфере таких больших индустриальных городов, как: Донецк, Горловка, Дзержинск, Мариуполь, Макеевка, Славянск, Енакиево, Одесса, Днепропетровск, Харьков, Запорожье, Луцк, Луганск. Высокий уровень загрязнения в этих городах, в основном, обусловлен повышенным содержанием в воздухе специфических вредных веществ (бенз (а) пирена, формальдегида, фенола, аммиака), пыли и двуокиси азота.

Основными источниками загрязнения воздуха являются предприятия энергетической, угольной и металлургической отраслей. Несмотря на то, что количество предприятий этих отраслей составило лишь 7,3 % от общего числа источников загрязнения атмосферы, от них в окружающую среду поступило 83 % (3,8 млн. т) всех вредных веществ. Если в среднем по Украине одно предприятие выбрасывало 291 тонну вредных веществ, то в металлургии – 7334 тонны, а в энергетике – 6997 тонн.

Таким образом, в настоящее время в Украине наиболее крупным стационарным источником загрязнения атмосферного воздуха является энергетика. Это относится как собственно к энергетике,

использующей до 40 % всего органического топлива, так и к предприятиям малой энергетики.

Как показывают расчеты, ущерб, причиняемый вредными выбросами в атмосферу, поступающими от мелких тепловых установок, на единицу сжигаемого топлива в 5 раз выше, чем от ТЭЦ и КЭС. Это связано со спецификой размещения мелких котельных, промышленных и отопительных печей в зонах с высокой концентрацией населения и отсутствием технических средств, обеспечивающих эффективное сжигание вредных выбросов. Они составляют от 25 до 50 % всех выбросов. В результате уровень загазованности целого ряда крупных промышленных центров остается высоким (от 25 до 50 %). Тем более, что в условиях дефицита ТЭР, практически невозможно обеспечить для теплоснабжения приоритетное выделение природного газа и замещение рядовых углей сортовыми видами топлива. В то же время, при сжигании 1 т. у. т природного газа в мелких котельных и индивидуальных источниках тепла в атмосферу поступает 2,5 кг вредных выбросов, главным образом, оксидов азота. Тогда как, при сжигании донецкого угля в рядовом виде – 219 кг (при слоевом сжигании – несколько меньше).

На долю традиционной энергетики приходится не менее 30 % всех выбросов в атмосферу, в том числе: 30 % твердых веществ, 63 % сернистого ангидрида и 57 % оксидов азота их общего количества. В Донецкой области – 30 % всех выбросов в атмосферу, в Днепропетровской – 24 %, в Луганской – 18 %, в Запорожской – 49 %, в Харьковской – 58 %, в Ивано-Франковской – 73 %, в Киевской – 67 %, в Винницкой – 71 %. ТЭЦ черной металлургической и химической промышленности и ТЭЦ сахарных заводов поставляют еще: 49 % выбросов в Донецкой обл., до 70 % в Днепропетровской и до 85 % в Крыму.

В этих условиях чрезвычайно важна интеграция энергетики и экологии, взаимосвязь экологических аспектов энергетики и энергетических аспектов экологии. Необходимо правильно их формулировать и неукоснительно отслеживать на всех этапах энергоснабжения и энергопотребления. Лишь в этом случае возможна реализация природоохранной стратегии развития энергетики Украины в соответствии с обязательствами, принятыми ею в Рио-де-Жанейро в 1992 г.

9.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Таким образом, одним из приоритетных направлений развития Украины, обеспечения ее экологической безопасности является охрана окружающей среды. Корни экологического кризиса кроются в Чернобыльской катастрофе и непомерной техногенной нагрузке, что привело, в конечном итоге, к резкому снижению ассимиляционных и качественных характеристик окружающей природной среды.

Территория Украины перенасыщена техногенно опасными объектами. Масштабы загрязнения окружающей среды ряда регионов Украины достигли критического уровня. Главными загрязнителями воздуха, как уже отмечалось, являются предприятия энергетики, металлургии и транспорта. Весьма важным является вопрос, какие источники экологической опасности наиболее существенны. В предыдущих разделах приведен ответ на него. Тем не менее, отметим еще раз вклад основных производств в ухудшение экологической ситуации.

Вредные выбросы во всех странах СНГ к началу 21 века распределяются в среднем следующим образом: ТЭС – 30,7 %, автотранспорт – 22,8 %, черная металлургия – 15,7 %, промышленность строительных материалов – 30,3 %, цветная металлургия – 7,4 %, нефтяная промышленность – 6,3 %, химическая промышленность – 3,8 %.

В целом на электроэнергетику в разных странах приходится от 25 % до 35 % общих выбросов CO_2 , причем эта часть возрастает с увеличением валового национального продукта. Все ТЭС мира, производя 80 % общих объемов энергии, поставляют 50 % промышленных загрязняющих выбросов в атмосферу. Только при подземной добыче угля на каждую тонну добытого твердого топлива в атмосферу выбрасывается 0,42 кг пыли; 0,6 кг оксидов серы; 0,11 оксидов азота; 1 кг оксидов углерода и других ингредиентов. При переработке 1 т нефти – 3,44 кг углеводородов; 0,89 кг оксидов серы; 0,4 оксидов углерода; 0,09 кг оксидов азота; 0,03 кг сероводорода. В связи с тем что, использование природного газа в энергетике будет сокра-

щаться, а потребление низкосортного высокозольного и сернистого угля увеличиваться, можно ожидать увеличения количества выбросов и ухудшения экологической обстановки. Необходимо также не забывать, что на каждый миллион добытого угля разрушается 414 га земли. Терриконы только Луганской области занимают площадь около 3200 га.

На сегодня ТЭС на территории Украины выбрасывают в атмосферу 76 % оксидов серы, 53 % оксидов азота и 26 % твердых частиц от общих объемов выбросов стационарных энергетических установок. На 1 млн. кВт электрической мощности АЭС выбрасывается в окружающую среду не менее 2 млн. кВт тепловых мощностей, что в 1,5÷2 раза больше, чем для ТЭС. Для строительства каждого блока – миллионника АЭС необходимо 600 га земельных ресурсов, безвозвратные потери воды при эксплуатации такого блока составляют 30 млн. м³ / год, а образовавшиеся жидкие отходы до 100 тыс. м³ / год. Считается, что для нормальной работы АЭС необходимо водохранилище, размеры которого обеспечивают 8÷12 м² поверхности на каждый киловатт установленной мощности (для ТЭС – 5÷8 м²).

Сказанное выше наглядно подтверждает тот факт, что без решения сложных экологических проблем и обеспечения необходимого уровня защиты атмосферы и водоемов от загрязнения дымовыми газами и жидкими стоками ТЭС в настоящих условиях не может быть реализована стратегия дальнейшего развития энергетики. Следует также заметить, что в настоящее время необходимо активно поднимать и культуру гидростроительства. Влияние энергетики на природную окружающую среду заключается не только в значительных объемах выбросов вредных веществ, но и в выведении из природопользования значительных территорий, влияния на климат, складировании огромных объемов вторичного сырья.

Таким образом, достижение экологической безопасности страны возможно лишь при условии повышения безопасности энергетической во всех аспектах и составляющих эффективности производства, преобразования, передачи и использования ТЭР.

В сложившихся условиях Украине, как и другим развитым странам, необходима система экологической безопасности, учитывающая особенности отечественной экономики и ТЭК. Такая система

должна предусматривать поддержку такого состояния экономики и социальных отношений в обществе, при которых деятельность государства и личности сознательно направлены на предупреждение и предотвращение возникающих экологических угроз (рисков); всестороннюю экологическую защиту населения и природных условий его эффективного социального и экономического развития.

Комплексная оценка экологической безопасности базируется на оценке риска, который возникает в результате той или иной деятельности, в частности, в топливно-энергетическом комплексе. В этом случае под термином «риск» в его широком смысле понимают величину возможных убытков от тех или иных событий (действий, явлений). «Риск» – это также опасность от возможных событий.

Исследования и анализ риска техногенных систем (промышленных объектов) включают широкий спектр взаимосвязанных проблем различных этапов: идентификацию факторов и оценку риска, управление риском. Оценка техногенного риска – это процедура нахождения индивидуального риска для конкретного производства (промышленного предприятия).

Мировой опыт показывает, что уменьшение и регулирование техногенной нагрузки достаточно эффективно достигается с помощью экономических механизмов: «бабл-принципа» – поддержания определенных объемов выбросов для выполнения национальных стандартов качества воздуха; метода «торговли выбросами», связанного с соглашениями между предприятиями (в пределах установленных норм на выбросы); принципа «солидарной ответственности», когда предприятия несут общую ответственность за экологический ущерб, и др.

В передовых странах мира, руководствуясь концепцией «pollution prevention pays» («затраты на предупреждение загрязнения»), все больше внимания уделяется природоохранным мероприятиям, выпуску экологически чистой продукции; внедрению ориентированной стратегии экономического роста как единственного перспективного направления достижения устойчивого развития.

Значительно повысилась роль государственной финансово-экономической политики стимулирования природоохранной деятельности. Экономика развитых стран все больше становится ре-

сурсосберегающей, высокими темпами развивается эконоиндустрия. Лишь за пять лет (1990–1994 гг.) ежегодные темпы роста мирового экобизнеса составили 9 %.

Протокол Конвенции ООН (Киото, 1997 г.) по лимитированию выбросов парниковых газов предусматривает «торговлю» ими в пределах выделенных квот. Так, если в 1997 г. в Украине было выброшено лишь две трети разрешенного уровня, то невыброшенные тонны парниковых газов могли быть предметом продажи. Среди стран, заинтересованных в покупке права на выбросы, находятся, в частности, США. Право на выброс 1 кг парникового газа стоит ~ 100 \$ США. Следовательно, продажа права на выброс 100 млн. т парниковых газов может принести Украине прибыль до 10 млрд. дол. США. Часть этих денег может использоваться для модернизации объектов ТЭК, повышения уровня экологической и энергетической безопасности Украины.

Важность рассмотренных выше проблем экологической безопасности подтверждает тот факт, что для научного комплексного обоснования реализации ядерной политики и мероприятий по экологической безопасности в Украине создана «Комиссия по вопросам ядерной политики и экологической безопасности» при Президенте Украины (1997 г.). Основные задачи Комиссии следующие:

- представление Президенту, Совету по безопасности и обороне Украины предложений по формированию и реализации государственной ядерной политики, обеспечение радиационной и экологической безопасности;
- участие в разработке проектов законов Украины, актов Президента Украины, общегосударственных и других программ по вопросам в пределах ее полномочий;
- изучение и обобщение отечественного и зарубежного опыта решения проблем, связанных с ядерной, радиационной и экологической безопасностью, использованием ядерной энергии, внесение предложений для внедрения в Украине новейших достижений.

РАЗДЕЛ 10. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ – АЛЬТЕРНАТИВА РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ

10.1 КОНСАЛТИНГОВЫЕ СХЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Топливо-энергетические кризисы, обрушившиеся на страны западной Европы в начале 70-х годов двадцатого века, заставили многих пересмотреть свои взгляды на использование энергии и окружающей среды. Произошло кардинальное изменение в сознании населения, в первую очередь, технически развитых странах. Этому способствовали также целенаправленная деятельность правительств в области энергетики, включающая как разъяснительную работу, так и жесткие ограничения. Был разработан и реализован комплекс мер, целью которых являлось более рациональное использование энергии. Такой до настоящего времени остается государственная политика многих стран мира. Одним из основных государственных мероприятий стало создание консалтинговых схем.

Консалтинговая схема – система планомерных мероприятий, осуществляемых в какой-либо специально выбранной области, в данном случае, в самом широком смысле. Эти мероприятия включают в себя:

- создание консалтинговых фирм, предоставляющих потребителям энергии, разработчикам, работникам плано-экономи-

ческого сектора эксплуатационному персоналу и руководителям предприятий услуги в виде квалифицированной помощи в области экономии энергии;

- создание необходимого числа учебных курсов и проведение занятий со слушателями различного уровня;
- разработку соответствующих учебных программ и иллюстративных материалов;
- широкую информационную кампанию через средства массовой информации, выпуск печатной продукции, рекламирующей и поясняющей идею энергосбережения;
- освещение в прессе удачных примеров экономии энергии, подготовка и публикация статей для специалистов в технических журналах.

Создание и внедрение целого ряда консалтинговых схем оказало воздействие на перемены к лучшему в области экономии энергии стран западной Европы. Так, например, общее потребление энергии в Дании в 1990 году оставалось на уровне 1973 года, тогда как валовой национальный продукт вырос за это же время на 40 %

В настоящее время такой же подход применяется при построении системы взаимоотношений между экономией энергии и защитой окружающей среды. В основу положено разумное планирования энергопотребления, которое приводит к тому, что за счет совершенствования технологии и инфраструктуры используется приемлемое количество энергии. Указанное совершенствование касается как способа и культуры эксплуатации различного оборудования, так и общего психологического подхода к потреблению энергии. Следовательно, оно охватывает систему в целом, включая все этапы преобразования энергии – производство, транспорт, распределение и использование ее конечным потребителем.

В основе создания реалистического плана действий по экономии энергии лежит соответствующее законодательство в области энергии, а также наличие в обществе общепринятых стандартов и норм. Для внедрения программы энергосбережения необходимо проведение предварительного экономического анализа, основанного на точных данных по действительному потреблению энергии, приемлемой системе тарифов, информации о сборах окупаемости.

Следовательно, очень важно, готова ли в стране инфраструктура, легко ли получить требуемые данные для создания системы рационального использования энергии. Это потребует решения ряда инженерно-технических задач по модернизации оборудования, оптимизации условий их эксплуатации. В любом случае необходимо проделать следующее: составить перечень и выбрать из него первоочередные необходимые мероприятия по оптимизации потребления энергии; принять решение по осуществлению выбранных мер; оптимизировать работу энергосистемы и выбрать энергетический менеджмент; регулярно проводить оценку результатов; регулярно информировать всех заинтересованных о состоянии дел.

Разумное планирование и последующий сбор данных по ходу внедрения предпринимаемых преобразований позволяет выработать стратегию, что особенно важно в условиях кризиса ТЭК Украины. Цель этих действий – сохранение достигнутого уровня экономии, оценка результатов внедряемых мероприятий и планирование дальнейшей экономии. Вся информация систематизируется и в дальнейшем анализируется. По осуществляемым мероприятием постоянно производится оценка достигнутых результатов, которые частично используются для текущего планирования энергопотребления и оценки новых мероприятий, а частично – для приобретения опыта. Информация систематически собирается по всем частям энергосистемы, сравнивается с наличными базами данных, параллельно обновляя их.

На всех этапах осуществляется текущее информирование. Результаты оценки и собранная информация предназначаются для использования целым рядом групп специалистов, в том числе, в области энергетики и конечных потребителей. Все это приводит к накоплению опыта и к постепенному изменению отношения различных социальных групп к рассматриваемой проблеме.

То есть данный процесс представляет собой обоюдный обмен мнениями по ключевым вопросам: методам экономии энергии, совершенствования ценовой политики, оценки новой продукции, экологическим проблемам энергетики и энергетическим аспектам экологии. Кроме того, подобная информация может включать в себя результаты соперничества с национальными и международ-

ными центрами и результаты контактов с архитекторами, инженерами, строителями, производителями энергии, а также консультантами по конкретным проблемам и т. д.

Как правило, консалтинговые схемы включают в себя одну или несколько организационных структур, задача которых – обеспечение выполнения описанного выше комплекса мероприятий по минимизации потребления.

Таким образом, консалтинговые схемы – это практический инструмент утверждения политики рационального и экологически чистого получения и использования энергии, а также необходимое звено между планом и получением результатов. Рациональное использование энергии подразумевает совершенствование технологии и целый набор методов для их оптимального внедрения и использования новейших технологических достижений.

В общем случае совершенствование энерготехнологий и политика энергосбережения в любой стране затрагивают следующее энергетическое оборудование:

- теплопроизводящие системы: ТЭС, ТЭЦ, отопительно-производственные котельные, установки центрального отопления, котлоагрегаты различного назначения, печи;
- системы распределения тепла: подстанции, тепловые сети;
- теплоизоляцию зданий, труб, резервуаров высокотемпературного рабочего тела, теплообменников;
- вентиляционное оборудование зданий различного назначения;
- оборудование для выработки электроэнергии: электростанции, турбомашины, вентиляционные агрегаты;
- системы электроснабжения;
- электроустановки, электрооборудование, потребляющие и управляющие приборы.

В общем случае эффективность использования энергии основывается на внедрении мер по совершенствованию снабжения энергией, ее распределения и потребления. Исходя из этой модели, строятся консалтинговые схемы. Что касается ресурсов, потребляемых для их внедрения, то важно, чтобы схемы имели четко очерченные границы (торговые и целевые группы, политическую основу). В то же время, работа консалтинговых схем должна координиро-

ваться таким образом, чтобы консультанты-специалисты по различным вопросам могли совместно решать общие проблемы, создавая общую базу знаний, повышая свою квалификацию, анализируя полученные результаты.

Создание западных консалтинговых схем как современной системы началось после энергетических кризисов, в первую очередь, с энергетики и жилищного сектора. Относительно недавно в центре внимания специалистов оказалось и промышленность. Вся эта система не является чем-то застывшим: она постоянно обновляется и модернизируется.

Вместе с тем, не следует обольщаться, что выгоды повышения энергетической эффективности и ее экологических последствий очевидны. На пути их внедрения, в частности, в Украине стоит множество барьеров. Так, в настоящее время имеется крайне ограниченное число организаций, способных проводить анализ энергопотребления в различных отраслях народного хозяйства, помогать предприятиям в использовании результатов аудита с целью повышения энергоэффективности.

Одним из основных препятствий на пути решения проблем энергосбережения в Украине является практическое отсутствие цельной системы обучения. Такая система должна гармонично включать в себя как обучение персонала предприятий энергосберегающим технологиям, так и обучение населения общим положениям экономии энергии в повседневной жизни. Включение вопросов сбережения энергии в учебные программы школ, техникумов и институтов должно способствовать тому, чтобы новое поколение специалистов было подготовлено к системному решению вопросов энергосбережения.

Необходимо сделать все, чтобы большая часть населения оказалась вовлеченной в энергосбережение. Даже при очевидной катастрофической ситуации, вызванной дефицитом энергоресурсов и невозможностью предприятий и отдельных потребителей вовремя и полностью расплачиваться за энергию, многие люди пока еще не понимают важности и актуальности экономии энергии. Не представляют себе реальных возможностей и преимуществ, которые может дать экономия энергии. Отсутствие или слабость необходи-

мой информации в данном направлении является одним из важных барьеров на пути энергосбережения.

Представляет интерес изучение опыта и энергетической политики государств Западной Европы. Большое значение во многих странах объединенной Европы уделяется внедрению возобновляемых источников энергии. Так, в 2005 г. примерно 10 процентов, а к 2020 г. – 20 % от всей выработанной энергии планируется произвести за счет возобновляемых источников энергии. Для того, чтобы сделать эту проблематику экономически более привлекательной, правительства многих стран разработали специальную программу государственных субсидий. Например, при покупке ветроэнергогенератора или солнечной нагревательной установки до 30 процентов от их цены покрывается за счет государства. Создана специальная система испытаний, апробации и тестирования такого оборудования с выдачей технического паспорта. Чем ниже производительность установки, тем меньше размер субсидий. Таким образом с рынка удаляются худшие образцы техники. Причем, этот процесс осуществляется с помощью экономических рычагов, которыми управляет государство.

Страны ЕС приняли к исполнению программу улучшения экологической ситуации, связанную с сокращением CO , CO_2 , NO_x . Упор делается на ужесточение норм выбросов этих веществ. Для их удовлетворения, необходимо переходить к более совершенным технологиям и уменьшать потребление энергии. Этому способствуют эффективные системы налогообложения, в частности, налог на выброс CO_2 , который делает крайне невыгодной эксплуатацию энергетически неэффективного оборудования.

Так как энергетическая эффективность самым тесным образом связана с экологией, то для государства крайне целесообразно возвести достижение экологической чистоты в ранг стратегической цели, а энергетическую эффективность – в ранг средства достижения этой цели.

10.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ

Конечной целью повышения энергетической эффективности любого производства (предприятия) является снижение уровня потребления энергии с сохранением объемов производства, а также сокращение отрицательного воздействия на окружающую среду. Это требует принятия соответствующих решений, касающихся стратегии использования различных ресурсов, в основе которых лежат энергетический аудит и энергетический менеджмент.

Проведение энергетического аудита – начало внедрения на предприятии системы энергетического менеджмента. В общем случае методика проведения аудита не зависит ни от вида выпускаемой продукции, ни от применяемой технологии, ни от формы организации исследуемого производства (предприятия). В основу ее положен определенный стандартный (типовой) алгоритм, способный обеспечить как эффективную работу аудитора, так и возможность подключения на определенных этапах работы других аудиторов.

Аудитор должен быть способен принимать во внимание все потребляемые виды энергии с тем, чтобы выработать предложения не только по их сокращению, но и по оптимизации структуры энергопотребления, т.е. вероятной замены одних энергоресурсов другими.

Общие требования, предъявляемые к генеральной стратегии энергетического аудита, следующие:

- возможность ее применения для всех типов производств и компаний;
- учет всех видов энергий;
- содействие уменьшению временных затрат аудитора путем всеобщей стандартизации;
- возможность идентификации этапов для продолжения работы или условия ее прекращения;
- возможность ее использования как базы для сотрудничества между разными аудиторами.

В целом структура генеральной стратегии проведения энергетического аудита включает в себя четыре основных этапа.

Этап 1. Предварительный контакт аудитора с управлением предприятия; ознакомление с предприятием, основными производственными процессами и линиями; заключение соглашения с руководством предприятия на последующую деятельность.

Этап 2. Составление карты потребления энергии на предприятии; идентификация возможности значительной экономии энергии; заключение соглашения с руководством предприятия на последующую деятельность.

На данном этапе общее энергопотребление различных энергоносителей разбивается по отдельным основным процессам и установкам, группам технологических процессов, отдельным объектам (зданиям). Это и есть создание карты потребления энергии, основанное на проведении специальных измерений и расчетов.

В процессе составления карты потребления энергии, анализа данных первого этапа собирается информация об энергопотреблении по отдельным процессам и установкам, выявляются возможности экономии энергии. С этой целью проводится сравнение ключевых данных (например, удельных энергозатрат) с данными, известными из специальной литературы, информации об аналогичных производствах. Все выявленные возможности экономии энергии вносятся в перечень мест возможной экономии с указанием приоритетности.

Этап 3. Оценка экономии энергии и экономических преимуществ от внедрения различных возможных мероприятий; выбор конкретной программы по энергосбережению для первоочередного внедрения; подготовка ключевых технических и экономических данных; составление и представление руководству предприятия отчета по энергетическому аудиту; принятие решения о проведении (не проведении) дальнейшего аудита; заключение соглашения на последующую деятельность.

Этап 4. Внедрение программы энергосбережения; запуск системы энергетического менеджмента; продолжение деятельности, дообследование, изучение достигнутых результатов и т.д.

Изложенная выше схема приведения энергетического аудита показана на рис.10.1. Таким образом, *энергетический аудит*-это техническое инспектирование предприятий (производств) с точки зрения их энергопотребления с целью определения возможной эко-

номии энергии и помощи предприятию (производству) в осуществлении экономии энергии на практике путем внедрения механизмов энергетической эффективности, а также с целью внедрения на предприятии энергетического менеджмента.

К энергетическому аудиту предъявляются высокие требования. Он должен быть знаком с принципами работы энергогенерирующих установок; энергопотребляющими процессами (например, такими как сушка, термообработка, теплоснабжение промышленных предприятий и технологических процессов; отопление, вентиляция и кондиционирование зданий, системы водоснабжения; резка, плавка, литье и т. д.); основными энергетическими установками и системами (холодильными установками, компрессорными станциями, вентиляционными системами; системами освещения; насосами, другими системами с электроприводами).



Рис. 10.1 – Схема проведения энергетического аудита

10.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Энергетический менеджмент – основной инструмент сокращения потребления энергии и, соответственно, повышения эффективности использования энергии, а также сокращения негативного воздействия энергетики на окружающую среду. Путем внедрения энергетического менеджмента можно получить более подробную картину потребления энергии, что позволит произвести сравнение уровней потребления с потреблением энергии на других предприятиях (производствах) для точной оценки проектов экономии энергии, планируемых для внедрения на данном предприятии (производстве). Это система управления, основанная на проведении типовых измерений и проверок, обеспечивающая такую работу предприятия, при которой потребляется только совершенно необходимое для производства количество энергии.

За внедрение нового для предприятия вида деятельности и в целом за энергетическую эффективность предприятия (производства) отвечает энергетический менеджер, основные обязанности которого заключаются в следующем:

- участие в составлении карты потребления энергии на предприятии;
- сбор данных по потреблению ТЭР с использованием счетчиков и контрольно-измерительной аппаратуры;
- составление плана установки дополнительных счетчиков и контрольно-измерительной аппаратуры;
- сбор данных по потокам сырья, ТЭР и готовой продукции;
- расчет ключевых данных по повышению эффективности использования энергии в целом и по отдельным производствам;
- локализация и внедрение мер по экономии энергии, не требующих инвестиций или с минимальными инвестициями;
- локализация, оценка и определение приоритетности мер по экономии энергии, требующих более крупных инвестиций;
- составление схемы аварийной остановки оборудования и вариантов энергоснабжения для случаев аварийного прекращения внешней подачи энергии и т. д.;

- информирование персонала предприятия о деятельности по энергетическому менеджменту и информирование о мерах, предпринимаемых в настоящее время по экономии энергии;
- внедрение новых технологий на существующих и новых энергосистемах для повышения энергоэффективности производства;
- участие в выработке производственного плана и стратегии предприятия.

Энергетический менеджер обязан поддерживать собственную информированность по текущей политике в области энергетики и сопутствующим аспектам (например, по новому законодательству налогообложения, существующим ограничениям по уровню потребления энергии, субсидиям, вопросам защиты окружающей среды и т.д.). Как видим, перечень обязанностей энергетического менеджера весьма широк и требует от него разносторонних и глубоких знаний. К образованию и подготовке энергетического менеджера предъявляются достаточно жесткие требования. Он должен обладать:

- инженерным образованием области энергетики;
- опытом управления производством и рабочими группами;
- опытом руководства проектами;
- организационными способностями;
- способностью убеждать и понимать мотивацию поступков людей;
- хорошо разбираться в политике своей страны в отношении энергетики;
- знать потребности и требования властей;
- знать решения местной власти, касающиеся данного производства, экологии, потребления энергии, и т.д.;
- знать фирмы и производства, торговые и поставляющие организации;
- хорошо понимать концепцию энергетического менеджмента и энергетической эффективности;
- знать экономику, принципы разработки бюджета предприятия и методы разработки бизнес планов в области энергетической эффективности.

Энергетический менеджмент – это простая и эффективная система, построенная в соответствии с циклическим принципом и

напоминающая обычные экономические бухгалтерские системы. Систему энергетического менеджмента можно рассматривать как совокупность следующих этапов:

Первый этап – запуск системы. Хорошее начало внедрению системы энергетического менеджмента может положить проведение энергетического аудита, в результате которого руководство предприятия получит представление о ситуации в энергетике предприятия.

Второй этап – анализ. Производится сравнение реальных уровней потребления с ключевыми цифрами из литературы, данными других предприятий и т. д.

Третий этап – определение состояния. На этом этапе уже имеются результаты анализа, которые дают возможность избрать приоритеты в исполнении проектов по сбережению энергии.

На четвертом этапе на основе произведенного анализа прорабатывается бюджет исполнения избранных проектов. Естественно, этот бюджет строится на уже известных цифрах удельного потребления энергии на предприятии.

Пятый этап – это контроль за тем, чтобы реализовались именно те уровни потребления энергоносителей, которые указаны в бюджете. На этом этапе, вероятно, удастся выявить дополнительных неожиданных потребителей энергии и провести анализ причин, из-за которых они возникают.

На этом цикл замыкается. Можно начинать следующий: ту же процедуру – опять и опять. Такие системы энергетического аудита и менеджмента работают на большинстве предприятий, выпускающих конкурентоспособную продукцию в странах ЕС.

Итак, в процессе внедрения энергетического менеджмента (рис.10.2) необходимо: определить потоки материалов в различных производственных процессах, особенно с точки зрения потребления энергии, а также создать карту потребления энергии в основных производственных процессах предприятия и в различных вспомогательных установках и системах.

Целесообразно начинать с основных и наиболее энергоёмких производственных процессов предприятия. Затем можно перейти к созданию детальной карты всех производственных процессов и потребления энергии в них. При проведении измерений потоков

энергии, создании карты потребления энергии и определении возможностей экономии энергии на различных установках, а также при разработке методики внедрения энергетического менеджмента можно воспользоваться помощью внутреннего энергетического аудитора.

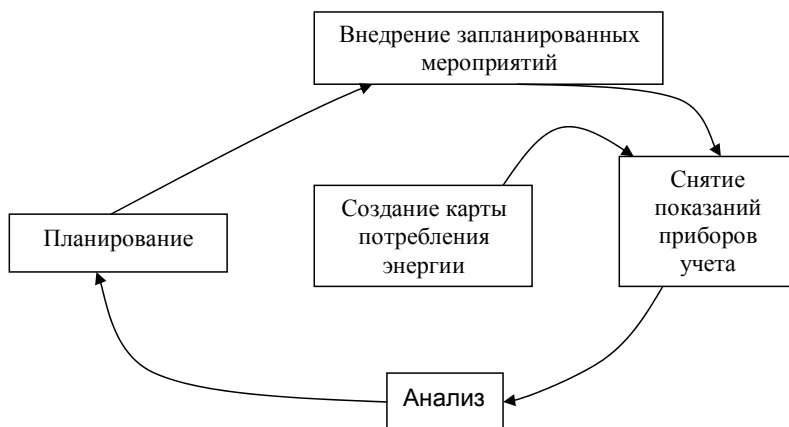


Рис. 10.2 – Цикличность энергетического менеджмента

В общем случае наиболее эффективное использование энергии связано со следующими основными показателями:

- высоким объемом производства (при объеме производства, скажем, в 50 % от максимального (проектного) уровня производства довольно сложно добиться высокой эффективности использования энергии)
- правильным выбором технологий для основных энергоемких производств;
- высоким исходным качеством сырья;
- эффективностью работы отдельных установок и систем в целом (котлов, агрегатов и т. д.);
- низким уровнем потерь в системах распределения энергии (пара, сжатого воздуха, электроэнергии).

Основное внимание должно быть уделено наиболее энергоемким производственным системам. К ним, в первую очередь, от-

носятся такие типовые системы как ТЭС; котельные установки; сушильное оборудование; оборудование подачи тепла для производственных нужд; системы отопления и водоснабжения; системы вентиляции и кондиционирования воздуха; холодильные установки; системы освещения; системы подачи сжатого воздуха; насосы и т. д. Они, как правило, характеризуются следующими показателями: высокими или низкими температурами (по сравнению с температурой окружающего воздуха); интенсивностью производства; высоким уровнем потребления рабочего тепла (пара, воды, газа, сжатого воздуха)

Обобщение элементов любой производственной системы, рассматриваемой при внедрении энергетического менеджмента, представлено на рис.10.3, который иллюстрирует основные элементы (компоненты) системы (установки). Методика определения возможности экономии энергии, в первую очередь, не требующих или требующих минимальных затрат, заключается в оценке нагрузки или потерь нагрузки с последующей оценкой сети распределения. Внесение технических изменений непосредственно в саму систему часто требует значительных инвестиций.

Из рис.10.3. следует общий подход к любой технической системе, рассматриваемой с целью снижения потребления энергии. Действительно, любую систему можно разбить на три основные со-

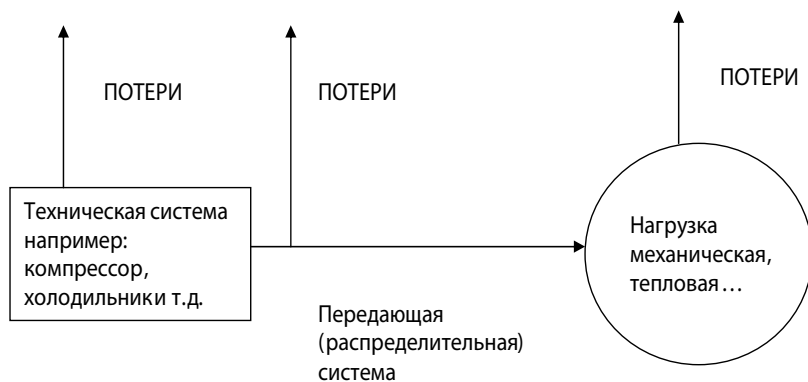


Рис. 10.3 – Элементы производственной системы

ставляющие: это – собственно система (турбина, котел, компрессор и т.д.); затем – система передачи (транспорта) энергии или рабочего тела (сети) и, наконец, – сама энергия (рабочее тело, нагрузка).

Потери энергии происходят во всех компонентах системы, однако стоимость их устранения существенно различна. Поэтому, исследуя в процессе энергетического менеджмента возможности энергосбережения, необходимо подходить к таким системам комплексно. Как правило, рассмотрение целесообразно начинать не с начала, а с конца: именно здесь (в нагрузке) чаще всего кроются самые дешевые и быстро реализуемые возможности энергосбережения.

В заключение данного параграфа сформулируем еще раз общее определение энергетического менеджмента. Это – инструмент управления производством (предприятием), который обеспечивает постоянное исследование и, стало быть, знание о распределении и уровнях потребления им энергоресурсов, а также об их оптимальном использовании для производственных, коммунально-бытовых и иных нужд.

10.4. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Рассмотренные выше мероприятия, направленные на повышение эффективности производства и потребление энергии, самым тесным образом связаны с общими организационными мерами по энергосбережению, реализуемыми многими развитыми государствами. Сюда, в первую очередь, относятся следующие: разработка законодательства и стандартов по энергосбережению; внедрение учета и контроля по потреблению энергоресурсов на всех уровнях (от индивидуального потребителя до региона, отрасли и государства в целом); пересмотр цен и тарифов на энергоресурсы; применение государственного надзора за их потреблением, ликвидация дотаций на потребление энергии и топлива; определение и поддержание оптимальных параметров технологических процессов; штрафы и налоги за выбросы в окружающую среду вредных

веществ, образующихся в процессе сгорания; льготы на налоги и кредиты за внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий, техники, материалов; дотации населению и предприятиям, применяющим энергосберегающую технику, технологии, материалы; экологически чистые энергоустановки и устройства.

Как показывает опыт передовых стран, эти мероприятия позволяют в течение 3–4 лет без существенных финансовых затрат сократить потребление ТЭР на 12–18 % от их начального потребления, а в течении последующих 10 лет – еще на 15–20 %. В Украине подобные мероприятия могут обеспечить не меньшую экономию.

Однако одними организационными мероприятиями проблема энергосбережения и энергоснабжения не решается. Необходимы значительные капиталовложения, как в энергосбережение, так и в совершенствование энерготехнологий. Удельные капиталовложения на производство 1 кВт установленной мощности в 3–4 раза больше, чем на экономию 1 кВт энергии. Этим определяется приоритет развития энергосбережения по сравнению с модернизацией энергетики.

Основной потенциал энергосбережения сосредоточен в тех отраслях экономики, где наибольшее потребление энергоресурсов – энергетике, металлургии, химической и нефтехимической промышленности, производстве строительных материалов, машиностроении. Следовательно, и основные мероприятия по энергосбережению необходимо реализовать в первую очередь именно в этих отраслях.

К наиболее важным и первоочередным относятся:

- совершенствование структуры сталеплавильного производства за счет сокращения части мартеновской выплавки стали путем увеличения кислородно – конверторной (рост коэффициента полезного использования топлива в 2,5–3 раза);
- модернизация и оптимизация процессов регенерации металлолома черных металлов и выплавки чугуна и стали;
- внедрение непрерывной разливки жидкой стали в слитки на уровне развитых стран (80–100 %);
- повышение качества стали за счет широкого внедрения процессов вакуумирования;

- оптимизация потребления металлошихты, включая металлолом, при выплавке первичных и вторичных сплавов (экономия на одной тонне сплавов – 300 кг кокса и 100 кг металла);
- увеличение доли производства и использование деталей из высокопрочного чугуна и пластмасс;
- оптимизация использования в машиностроении конструкционных и функциональных материалов с применением систем автоматизированного проектирования и требований функционально-стоимостного анализа (уменьшение энерго- и металлоемкости оборудования);
- оптимизация технологических процессов производства, внедрение систем автоматического контроля и регулирования их параметров;
- широкое применение коррозионистого покрытия стального проката, включая аморфные металлические покрытия и сплавы для электротехнических изделий (сокращение затрат электроэнергии в 1,5–2 раза);
- выпуск современных энергоэкономичных люминесцентных ламп (сокращение потребления электроэнергии в 5 раз, рост срока эксплуатации в 8 раз);
- создание стимулов для повторного использования неизношенных деталей в машиностроении (возможно на 1/3 сократить потребление литья и проката);
- оснащение электродвигателей преобразователями приводов для экономного потребления электроэнергии при уменьшении нагрузки (экономия электроэнергии – 20–30 %);
- оптимизация теплоснабжения и горячего водоснабжения городов за счет использования тепловых насосов (насосов) для извлечения тепловой энергии из вторичных энергоресурсов (тепловых выбросов промышленности и энергетики) и природной среды (воды озер, рек, морей; грунта; воздуха)

Каждое из представленных мероприятий может обеспечить годовую экономию ТЭР в объемах, эквивалентных 20–90 миллиардов кВт. час.

Особо следует остановиться на энергосбережении в области стационарной энергетики. Современная структура энергетики

Украины не оптимальная. Средний КПД – брутто конденсационных электрических станций составляет 34–38 %. С учетом затрат электроэнергии на собственные нужды (работа насосов, дробление угля и др.), КПД – нетто можно оценить на уровне 30–34 %. Если еще учесть потери на трансформацию и передачу электроэнергии (от 6 до 16 %), то для отдельных удаленных потребителей КЭС работают с КПД 22–26 %. Вся остальная энергия первичных энергоносителей рассеивается в окружающую среду.

Иначе обстоят дела при комбинированной выработке электрической и тепловой энергии – когенерации энергии на ТЭЦ. В этом случае КПД брутто – составляет 75–85 %. Так как эти энергообъекты (в первую очередь ТЭЦ) как правило, не передают выработанную ими электроэнергию на далекие расстояния, то их КПД-нетто – находится на уровне 74–80 %, т. е. в 3–3,5 раза выше, чем для больших конденсационных КЭС и ГРЭС.

Преимущества ГРЭС перед ТЭЦ заключается в том, что эти электростанции более мощные. Благодаря концентрации производства эксплуатационные затраты и, в конечном итоге, тарифы на электроэнергию ниже. Однако, с ростом цен на топливо, данная ситуация будет меняться в пользу ТЭЦ. Энергетики Западной Европы придерживаются мнения, что доля электроэнергии, выработанной ТЭЦ, в общем балансе должна составлять около 50 %. В Украине она пока еще не превышает 7 %, тогда как Финляндии в 1997 году составляла 34 % от общей установленной мощности. В муниципальной энергетике Финляндии пропорция комбинированного производства энергии почти самая высокая в мире – 76 %.

Как видим, структура ТЭК Украины в целом нуждается в изменении, с учетом сложившихся условий на энергетическом рынке и мирового опыта. Очевидно, необходимо остановить строительство электростанций большей мощности, увеличить число ТЭЦ, развивать децентрализованное энергоснабжение. Для реализации этого направления структурной перестройки энергокомплекса потребуются модернизация (реконструкция) небольших ТЭС и ТЭЦ там, где это возможно, а также в энергоемких технологических процессах различных производств, в частности, металлургических, химических, производстве строительных материалов и конструкций.

Преимущества коммунальной и децентрализованной энергетики заключаются еще и в том, что на строительство энергообъектов требуются меньшие капиталовложения. Необходимо учитывать, что оптимальное соотношение централизованной и децентрализованной энергетики определяемое на основе детального анализа текущих технико-экономических показателей энергообъектов, со временем меняется.

Весомым потенциалом энергосбережения обладает коммунально-бытовой и жилищный сектор, на долю которого приходится около 30 % потребления энергии в Украине. Поэтому особого внимания заслуживает вопрос размещения объектов коммунальной и децентрализованной энергетики. Необходимо учитывать, что самые большие потери выработанной электроэнергии имеют регионы, удаленные от ТЭС и АЭС на значительные расстояния (Крым, Одесская, Ровненская, Волынская, Житомирская области, южные части Херсонской, Запорожской и Донецкой областей). Сюда относятся и села Украины, к которым проложены ЛЭП невысокого напряжения (6 кВ, 10 кВ). Как показывают расчеты специалистов США, передача электроэнергии напряжением 11 кВ на расстояние больше 5 км, исходя из действующих тарифов, убыточная из-за высоких удельных и абсолютных потерь энергии. Поэтому для сооружения сельских энергообъектов можно рекомендовать малые (мини – и микро-) ГЭС, ветроэлектрические установки, малые ТЭЦ на базе газотурбинных и дизельных электростанций с использованием местных видов топлива (биомассы, биогаза, генераторного газа и других).

Завершая данный раздел, остановимся на некоторых общих положениях энергоснабжения, энергосбережения и их связи с экологией.

Под энергоснабжением будем понимать эффективное использование энергии на каждом этапе ее выработки и преобразования. В предыдущих разделах указанные вопросы рассматривались в тесной взаимосвязи с конечной энергоэффективностью и влиянием на окружающую природную среду. Данная задача, сложная в научном, техническом и социальном плане, связана с взаимозаменяемостью различных видов энергии, эффективностью и большим коли-

чеством процессов преобразования, сложностью их физической реализации и математического моделирования и, наконец, многообразием и глобальностью экологических проблем, порождаемых энергетикой и энергоснабжением.

Исследования в области эффективного преобразования энергии охватывают широкий круг проблем, возможно, даже более широкий, чем сама наука- энергетика. Базовые теплоэнергетические процессы характеризуются постепенным уменьшением энергетического потенциала рабочего тела. Задача заключается не только в повышении этого потенциала путем увеличения количества энергии, которое может быть преобразовано в работу, но и в создании процессов преобразования тепловой энергии с минимальными тепловыми потерями, возможностью дальнейшего полезного использования низкопотенциальной тепловой энергии в других процессах и, наконец, максимальным устранением негативного влияния энергетики на окружающую среду.

С учетом экологического кризиса, дефицита ТЭР, в первую очередь, газа и мазута и ядерного топлива, одним из стратегических направлений создания независимого, безопасного и надежного топливно-энергетического комплекса Украины является ускоренное развитие экологически чистой энергетики. Это предусматривает широкомасштабное внедрение политики энергосбережения и возобновляемых источников энергии. Анализ состояния экономики, географических, геологических, климатологических и других данных свидетельствует, что практически, во всех регионах страны возможно широкое использование тех или иных нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, включая и вторичные энергоресурсы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маляренко В. А.* Введение в инженерную экологию энергетики. – Харьков: ХГАГХ, 2001. – 166с.
2. *Экология города/Ф. В. Стольберг, В. Н. Ладыженский, В. А. Маляренко и др.: Учебник.* – К.: Либра, 2000. – 464 с.
3. *Маляренко В. А., Варламов Г. Б., Любчик Г. Н.* Базовые энергоустановки и технологии производства энергии с учетом экологических аспектов. Часть I. Энергогенерирующие установки на органическом топливе. Учебное пособие. – Харьков: ХГАГХ, 2001. – 210с.
4. *Маляренко В. А., Варламов Г. Б., Широков С. В.* Базовые энергоустановки и технологии производства энергии с учетом экологических аспектов. Часть II. Атомные энергетические установки. Учебное пособие. – Харьков: ХГАГХ, 2001. – 103 с.
5. *Маляренко В. А., Белявский Г. А., Ландау Ю. А.* Базовые энергоустановки и технологии производства энергии с учетом экологических аспектов. Часть III. Альтернативная энергетика. Учебное пособие. – Харьков: ХГАГХ, 2001. – 116 с.
6. *Маляренко В. А., Варламов Г. Б., Любчик Г. Н.* Энергетические установки и окружающая среда:/Под ред. проф. Маляренко В. А. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – 398 с.
7. *Base Power Generating Facilities And Technologies: Principles, Desing And Environmental Aspects/Workbook on a learning module to support teaching in Environmental Engineering and Management/Edited by Vitalij. A.Maliarenko, Dr. Sci. (Eng.), Prof.* – Kharkov KSAME – Printing and Publishing Division, 2002. – 282 pp.
8. *Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник.* – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 586 с.

9. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.
10. Мелентьев Л. А. Очерки истории отечественной энергетики. – М.: Наука, 1987. – 280 с.
11. Энергетический комплекс СССР/Под ред. Л. А. Мелентьева и А. А. Макарова – М.: Экономика, 1983. – 264 с.
12. Энергетика СССР в 1986–1990 годах. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 325 с.
13. Веников В. А., Путятин Е. В. Введение в специальность. М.: Высшая школа, 1988. 239 с.
14. Непорожний П. С., Обрезков В. И. Гидроэлектроэнергетика. – М.: Энергоиздат, 1982. – 304 с.
15. Нигматулин И. Н., Нигматулин Б. И. Ядерные энергетические установки. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.
16. Шубин Е. П. Основные вопросы проектирования систем тепло-снабжения городов. – М.: Энергия, 1979. – 360 с.
17. Ахтырский А. А. Научно-технический прогресс в теплоэнергетике жилищно-коммунального хозяйства. – М.: Стройиздат, 1986. – 248 с.
18. Иванов С. И., Иванов М. Б., Ахтырский А. А., Хиж Э. Б. Организация и управление коммунальным теплоэнергетическим хозяйством. – М.: Стройиздат, 1986. 238 с.
19. Скалин Ф. В., Канаев А. А., Кооп Л. З. Энергетика и окружающая среда. – Л.: Энергоиздат, 1981. 280 с.
20. Бабаев Н. С., Демин В. Ф., Ильин Л. А. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. – М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
21. Таги-заде Ф. Г. Энергоснабжение городов. – М.: Стройиздат, 1992. – 320 с.
22. Електроенергетика України. – Київ – 1998 ЦНТЕІ «Україн-форменатросервіс», 1998. – 34 с.
23. Комплексна державна програма енергозбереження України – Київ: Держком України з енергозбереження, 1996. – 218 с.
24. Семиноженко В. П., Канило П. М., Ровенский А. И. Энергия и жизнь. Экология и будущее. – Харьков: «Фолио», 1997. – 176 с.
25. Владимиров А. М., Ляхин Ю. В., Матвеев Л. Т., Орлов В. Т. Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометсоиздат, 1991.– 423с.

26. Тищенко Н. Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределения в воздухе: Справочник. – М.: Химия, 1991. – 362 с.
27. Кирилин В. А. Энергетика. Главные проблемы. – М.: Знание, 1990. – 128 с.
28. Теплоэнергетика. Интерпериодика, апрель 1992. М.
29. Україна: енергетика і економіка. – ЄС Energy Centre in Kiev (Програма Tacsis) – Київ, 1996. – 128 с.
30. Українська промисловість: шлях до енергетичної ефективності. – ЄС Energe in Kiev (Програма Tacsis) – Київ, 1995, – 198 с.
31. Заставний Ф. Д. Географія України – Львів, Світ, 1994.
32. Україна у цифрах у 1997 році. – Київ: Наукова думка, 1998.
33. Вороновский Г. К., Переверзев Н. П. Харьковская ТЭЦ – 5 и окружающая среда. – Харьков, «Босфор», 1996.
34. Тімпе К., Люкін Г., Чопик Я. Теплоенергоощадний потенціал у житловому господарстві Львова. – «Ринок інсталяційний», 1998, № 9.
35. Ильинский А. Энергосбережение и экология. – «Энергосбережение», 1998, № 1.
36. Крайнов І., Россихіна О., Фесенко І., Волчок І., Спольник О., Чегорян М. Деякі питання щодо досвіду використання нетрадиційних відновлювальних джерел в Україні. – «Энергосбережение», 1998, № 1.
37. Колієнко А. Г., Сердюк О. Л., Сотник І. Л. Екологічний аспект розвитку теплопостачання з автономними децентралізованими джерелами тепла (даховими котельнями). – Энергосбережение, 1998, № 1.
38. Меркулов А. П. В поисках энергии будущего. Киев, Техника, 1979.
39. Мировая энергетика. Прогнозы развития до 2020 года, Энергия: 1980.
40. Канаев А. А. Развитие техники тепловых электростанций. Л., Энергия, 1995.
41. Тельдеши Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию. – М.: Мир, 1981, – 439 с.
42. Кириллин В. А. Энергетика сегодня и завтра. – М.: Педагогика, 1983, 128 с.
43. Давыдова Л. Г., Буряк А. А. Энергетика: пути развития и перспективы. – М.: Наука, 1981, 120 с.

44. Более чем достаточно? Оптимистический взгляд на будущее энергетики/Под редакцией Кларка Р. – М.: «Энергоатомиздат», 1984, 216 с.
45. *Исаченко А. Г.* Оптимизация природной среды. – М.: Мысль, – 1980, 165 с.
46. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні: 1996. – К.: видавництво Раєвського, 1998.– 96с.
47. *Исаченко А. Г.* Использование и охрана природных ресурсов. – М.: «Прогресс», 1972.
48. *Розанов Б. Г.* Основы учения об окружающей среде. Учебное пособие. – изд-во Моск. Ун-та, 1984.
49. *Рихтер Л. А.* Тепловые электрические станции и защита атмосферы. М.: Энергия, 1975. – 131 с.
50. *Сигал Л. Я.* Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – Л.: Недра, 1988.– 310с.
51. *Ион Д. С.* Мировые энергетические ресурсы/Пер. с англ.–М.: Наука, 1984.– 368 с.
52. *Рихтер Л. А.* Охрана водного и воздушного бассейна от выбросов ТЭС. – М.: Энергоиздат, 1981. – 296 с.
53. *Сканер Б.* Хватит ли человечеству земных ресурсов?/Пер. с англ.–М.: Мир, 1989.– 268 с.
54. *Печуркин Н. С.* Энергия и жизнь. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988.– 190с.
55. *Канило П. М.* Глобальная и социальная экология. – Харьков: ИПМаш НАН Украины, 1996.– 160с.
56. *Канило П. М., Бей И. С., Ровенский А. И.* Автомобиль и окружающая среда. – Харьков: Прапор, 2000. – 304с.
57. *Любчик Г. М.* Проблемы екології ТЕС. Метод. рек. до вивч. курсу «Основы екології». – К.: КПІ, 1995. – 24 с.
58. Толковый словарь экологических терминов/Ткач Г. А, Братута Э. Г. и др. – К., 1993. – 256с.
59. *Гонкаль В. Ю.* Енергетична політика в Україні при побудові ринкових відносин//Проблеми енергозбереження. – 1993. – № 1. – с.5
60. *Ковалко Л. М., Денисюк Л. П.* Екологічні аспекти досягнення енергетичної безпеки//Ринок інсталяційний. – 1998. – № 2. – с.18–20.

61. Консалтингові схеми в енергетиці//Ринок інсталяційний. – 1999. – № 10 – с.7–8.
62. Энергетический менеджмент/А. В. Праховник, А. И. Соловей, В. В. Прокопенко и др. – Киев; ИЕЕ НТУ «КПИ», 2001,–472с.
63. Енергетична стратегія України на період до 2030 року.//Інформаційно – аналітичний бюлетень «Відомості Міністерства палива та енергетики України». Спеціальний випуск. – 2006. – 113с.
64. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично – довідкові матеріали в 2-х томах/за ред.. В. А. Жовтянського, М. М. Кулика, Б. С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006, Т.1.- 510с., Т.2. – 600с.
65. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації: Монографія в 2-х томах/За ред.. Долінського А. А., Баска Б. У. – К.: Тов. «Поліграф-Сервіс», 2007.– 826с.
66. Термодинамика газового обмена в окружающей среде/под. ред. Р. Я. Белевцева. – К.: Наукова думка.– 2007.– 247с.
67. Кривцов В. С, Олейников А. М, Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы. – Харьков: ХАИ 2003. – 400с.
68. Кривцов В. С, Олейников А. М, Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика. – Харьков: ХАИ 2004. – 519с.
69. Кривцов В. С, Олейников А. М, Яковлев А. И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3. Альтернативная энергетика. – Харьков: ХАИ 2008. – 660с.
70. Варламов Г. Б., Любчик Г. М, Маляренко В. А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. Підручник. – К.: „Політехніка», 2003. – 232с.
71. Маляренко В. А., Лисак Л. В. Енергетика, довідлля, енергозбереження: Монографія/Під ред. проф. В. А. Маляренка. – Харків: «Рубікон», 2004. – 368 с
72. Маляренко В. А. Основы теплофизики будівель та енергозбереження: Підручник. – Харків: – САГА, 2006.- 484с.
73. Маляренко В. А. Основы теплофизики зданий и энергосбережения: Учебник. – Харьков: ХНАГХ, 2006–498с.
74. Маляренко В. А. Енергетичні установки. Загальний курс. Навчальний посібник. – Харьков: ХНАМГ, 2007–287с.

75. *Малярченко В. А., Капцов И. И., Жиганов И. Г.* Перспективы использования биоэнергетических технологий в Украине. // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2005. – № 2. – С. 22–29.
76. *Малярченко В. А., Соловей В. В., Яковлев А. И.* Возобновляемые энергоресурсы – альтернативное топливо XXI века. // *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*. – 2005.- № 11. – С. 18–22.
77. *Малярченко В. А., Яковлев А. И.* Биодизель – альтернатива диверсификации моторных топлив. // *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*. – 2006.- № 3. – С. 64–74.
78. *Малярченко В. А., Яковлев О. И., Жиганов И. Г.* Розвиток біоенергетики – важливий шлях підвищення енергонезалежності сільгосп виробника // *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*. – 2006.- № 12. – с. 8–19.
79. *Малярченко В. А., Яковлев О. И.* Вихревые холодильники – калориферы для охлаждения (обогрева помещений) // *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*. – 2007. – № 4. – с. 25–34.
80. *Малярченко В. А., Яковлев О. И.* Тепловые трубы в энергоустановках возобновляемой энергетики // *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*. – 2007.- № 5. – с. 14–21.
81. *Малярченко В. А., Яковлев О. И.* Возобновляемые энергоресурсы – основа альтернативной энергетики // *Інтегровані технології та енергозбереження*. Харків: НТУ «ХПІ», 2007. - № 2, С.19–27
82. *Малярченко В. А., Яковлев О. И.* Термодинамические основы парокompрессионных тепловых насосов // *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*. – 2007.- № 7. – с. 33–46.
83. *Малярченко В. А.* Концептуальные положения развития муниципальной энергетики Украины // *Коммунальное хозяйство городов* вып.25 2000 г. с.208–216.
84. *Малярченко В. А., Орлова Н. А.* Энергосберегающий потенциал в жилом фонде г. Харькова // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2003. – № 4. – С. 36–40.
85. *Малярченко В. А., Лысак Л. В.* Реабилитация и развитие коммунальной теплоэнергетики на современном этапе // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2004. – № 2. – С. 33–42.

86. *Маляренко В. А.* Шляхи підвищення ефективності комунальної енергетики//Інтегровані технології та енергозбереження. – 2007. – № 3. – С. 3–13.
87. *Маляренко В. А.* Энергосбережение и централизованное теплоснабжение в концепции развития коммунальной энергетики//Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2007.- № 3. – с. 72–77.
88. *Маляренко В. А., Голощапов В.Н.* Тепловые режимы зданий – основа эффективного управления системой теплоснабжения//Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2006.- № 11. – с. 10–14.
89. *Маляренко В.А.* Енергетика і навколишнє середовище. Монографія – Харків. «Видавництво САГА», 2008. – 364с.
90. *Варламов Г. Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А.* Теплоэнергетика та екологія. Підручник. – Харків: «Видавництво САГА», 2008. – 264с.
91. *Грю П. К.* Геотермальные ресурсы Калифорнии//Энергетические ресурсы мира: 27 МГК. – М., 1984. – С.109–117
92. *Бюролле П. Ф.* Мировые ресурсы нефти//Энергетические ресурсы мира: 27 МГК. – М., 1984. – С.3–10
93. Мінеральні ресурси України і світу. Паливно – енергетична частина. – К.: Геоінформ, 2003. – с.30–63.
94. *John Twidell, Tony Weir.* Renewable Energy Resources. London – New York. E. GF. N. Spon, 1986–440p.
95. *Archic W. Culp.* PRINCIPLES OF ENERGY CONVERSION/Second Edition. – Mc Graw-hill, Incl. New York- Toronto, 1991–567с.
96. *Aubrecht, Gordon I.* ENERGY/Second Edition. – Prentice Hall. Upper Middle River, NJ 07458, 1995. – 667p.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ	3
--------------------------------------	---

ВВЕДЕНИЕ	6
----------------	---

РАЗДЕЛ 1.

ЭНЕРГЕТИКА И БУДУЩЕЕ ЗЕМЛИ	12
----------------------------------	----

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	12
1.1.1. ЭНЕРГИЯ И ЭНЕРГЕТИКА	12
1.1.2. ЭКОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА	15
1.1.3. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ	18
1.2. ЭНЕРГИЯ И ЖИЗНЬ	21
1.3. ЭНЕРГЕТИКА И ЦИВИЛИЗАЦИЯ	24
1.4. ЭНЕРГИЯ – ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ	30

РАЗДЕЛ 2.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ	32
-----------------------------	----

2.1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	32
2.2. ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ КАК КРИТЕРИЙ БЛАГОСОСТОЯНИЯ ОБЩЕСТВА	37
2.3. ЭНЕРГОЕМКОСТЬ, СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ	49
2.4. ЭНЕРГЕТИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА	55
2.4.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	55
2.4.2. ЭНЕРГЕТИКА И БИОСФЕРА	61

РАЗДЕЛ 3.**СТРУКТУРА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ 71**

- 3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 71
- 3.2. ЦЕПЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ 73
- 3.3. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС 77
- 3.4. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ
И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ..... 84
- 3.5. ЭНЕРГЕТИКА И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА –
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД 92

РАЗДЕЛ 4.**ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ..... 101**

- 4.1. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ 101
- 4.2. ИСКОПАЕМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО 102
 - 4.2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ.
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ 102
 - 4.2.2. СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА 108

РАЗДЕЛ 5.**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ****ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА 115**

- 5.1. РОЛЬ И ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА 115
- 5.2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ГОРЕНИИ ТОПЛИВА..... 118
- 5.3. СОДЕРЖАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ПРОДУКТАХ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 123

5.4. НОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОДУКТАХ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА	128
---	-----

РАЗДЕЛ 6.

ТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА 133

6.1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	133
6.2. ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИЕ МОЩНОСТИ УКРАИНЫ.....	136
6.3. ОБЪЕКТЫ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	143

РАЗДЕЛ 7.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ 147

7.1. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ – ОСНОВА АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ.	147
7.2. ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ.....	158
7.3. ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ	163
7.4. МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА.....	168
7.5. БИОЭНЕРГЕТИКА.....	171
7.6. ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА.....	176
7.7. ВТОРИЧНЫЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ РЕСУРСЫ (ВЭР)	177

РАЗДЕЛ 8.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 180

8.1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ....	180
--	-----

8. 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТЭС С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ	185
8. 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЭС С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.....	190
8. 4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЭС И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	194
8.5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	197

РАЗДЕЛ 9.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....203

9.1. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В УКРАИНЕ	203
9.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	209

РАЗДЕЛ 10.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ – АЛЬТЕРНАТИВА РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГЕТИКИ 213

10.1 КОНСАЛТИНГОВЫЕ СХЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	213
10.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ	219
10.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ	222
10.4. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	227

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ233

СЕРІЯ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ОСВІТА:
ЕНЕРГЕТИКА, ДОВКІЛЛЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Навчальне видання

МАЛЯРЕНКО
Віталій Андрійович

ВВЕДЕННЯ В ІНЖЕНЕРНУ ЕКОЛОГІЮ ЕНЕРГЕТИКИ

Навчальний посібник

Друге видання

Підп. до друку 02.08.2008. Формат 60×84¹/₁₆.
Папір офсетний. Друк цифровий. Ум. друк. арк. 14,18.
Обл.-вид. арк. 14,9. Наклад прим.1000 (1-й завод–0–150прим.).

«Видавництво САГА»
Україна, 61166, м. Харків, вул. Бакуліна, 11, к.5–33.
Тел.: (057) 719-52-88, 754-46-20.
Свідоцтво про державну реєстрацію
серія ДК № 2555 від 11.07.2006 р.

Віддруковано в друкарні ТОВ «Сучасний Друк»
м. Харків, вул. Лермонтовська 27
Тел.: (057) 752-47-90.